Pesquisa Aplicada & Inovação

Pesquisa Aplicada & Inovação

Hugo Saba
Eduardo Manuel de Freitas Jorge
Claudio Reynaldo B. de Souza
Organizadores

Editora do Instituto Federal da Bahia — Edifba
2016

Pesquisa Aplicada & Inovação

Copyright© 2016

Hugo Saba
Eduardo Manuel de Freitas Jorge
Claudio Reynaldo B. de Souza
Organizadores

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação de direitos autorais (Lei nº 9.619/98).

Capa: **Marlon Xavier**

Revisão: **Cláudio Reynaldo**

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca Prof. Raul Varella Seixas / IFBA – Campus de Salvador.

P474 Pesquisa aplicada & inovação/ Organização de: Hugo Saba; Eduardo Manuel de Freitas Jorge; Claudio Reynaldo B. de Souza. – Salvador: Edifba, 2016.

404 p.

ISBN 978-85-67562-10-0

1. Inovação tecnológica. I.Saba, Hugo. II. Jorge, Eduardo Manuel de Freitas. III. Souza, Claudio Reynaldo Barbosa de. IV. Título.

CDU: 330.341.1:176

Sumário

APRESENTAÇÃO **9**

NEUROCIÊNCIA APLICADA AS PRÁTICAS TECNOLÓGICAS **15**
Hougelle Simplício
Renan Moioli
Fabricio Brasil
Ana Carolina Kunicki
Mariana Ferreira Pereira de Araújo
Edgard Morya

COMPREENDENDO A RESPOSTA IMUNE HUMORAL NA RELAÇÃO ENTRE PERIODONTITE E DESFECHOS GESTACIONAIS ADVERSOS – A pesquisa aplicada na inovação/renovação do conhecimento **33**
Soraya Castro Trindade
Paulo Cirino de Carvalho Filho
Isaac Suzart Gomes Filho
Greiciele Vitor Santos da Paz
Carolina de Vasconcelos Munduruca
Johelle de Santana Passos-Soares
Simone Seixas da Cruz

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NO CONTROLE DA DISSEMINAÇÃO DA DENGUE UTILIZANDO MODELOS COMPUTACIONAIS: Uma análise bibliográfica entre as técnicas utilizadas no período de 2010 a 2016 **59**
Marcio L. V Araújo
Aloísio Nascimento Filho
Stela Azevedo

Renelson R. Sampaio
Marcelo A. Moret
Hugo Saba

BIOPROSPECÇÃO DE PRODUTOS NATURAIS: Aplicações e inovações para a terapia do câncer **85**
Hemerson Iury Ferreira Magalhães
Aníbal de Freitas Santos Júnior
Gleice Rayanne da Silva
José Roberto de Oliveira Ferreira
Hélio Vitoriano Nobre Júnior
Bruno Coelho Cavalcanti

SURTO DE DENGUE NA ÁREA METROPOLITANA DE BUENOS AIRES. Experiência do hospital de doenças infecciosas F. J. Muñiz **133**
Agustin Seijo
Alfredo Seijo
Yamila Romer
Manuel Espinosa
Jessica Monroig
Sergio Giamperetti
Diego Ameri
Leslie Anttonelli

DIFUSÃO E CONVERSÃO DO CONHECIMENTO PARA UMA FORMAÇÃO VOLTADA AO DESENVOLVIMENTO: Uma aplicação do modelo SECI **153**
Claudio Reynaldo Barbosa de Souza
José Lamartine de Andrade Lima Neto
Núbia Moura Ribeiro

APLICAÇÃO EM MODELOS COMPUTACIONAIS DE DINÂMICA VEICULAR **179**
Thiago B. Murari
Marcelo A. Moret

MODELAGEM DE DADOS ESTATÍSTICOS E GEOGRÁFICO DE SENSORES **201**
Mauricio Ferreira Amaral
Leandro Brito Santos
Flávio Galvão Calhau

DA PREVISÃO TECNOLÓGICA AO ESTUDO DE FUTURO ORIENTADO AOS SISTEMAS DE INOVAÇÃO: De ontem aos amanhãs **229**
Ricardo Carvalho Rodrigues

PROJETOS COM TEMA DE LIVRE ESCOLHA: Uma prática de educação participativa no curso de engenharia mecânica **257**
Lynn Alves
Guilherme Oliveira de Souza

O USO DE FERRAMENTAS ANALÍTICAS COMO APOIO NA GESTÃO E NA AVALIAÇÃO EM AMBIENTES VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM **281**
Margarete N. dos S. Jorge
Peterson Lobato
Eduardo M. de F. Jorge
Hugo S. P. Cardoso

REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL: O processo de implantação na Universidade do Estado da Bahia **303**
André Luiz Souza Silva
Marcus Túlio de Freitas Pinheiro
Alice Fontes Ferreira

AVALIAÇÃO INSTITUCIONAL NA EDUCAÇÃO BÁSICA: Diálogos necessários na contemporaneidade **333**
Cleide Pereira Oliveira

DESENVOLVIMENTO DE BARRA DE CEREAL TERMOGÊNICA GELADA **363**
Alana Cristiny Miranda Soares
Fernanda Grazielli Vitória da Silva Gomes
Martha Ribeiro da Silva
Ferlando Lima Santos

DOS AUTORES **385**

APRESENTAÇÃO

O livro **Pesquisa Aplicada & Inovação**, constituído de uma coletâneas de texto produzidos por pesquisadores, apresenta-se em um momento crucial, onde as saídas para as crises, nas mais diversas áreas, passam necessariamente pelo desenvolvimento de pesquisas aplicadas e a consequente colocação das mesmas a serviço da sociedade, através do mecanismo da inovação.

Construído em artigo estanques mas guardando sempre a relação com as linhas temáticas norteadoras da obra, constitui-se em um retrato do estado da arte em diversas áreas do conhecimento. Participam pesquisadores do diversos estados do Brasil, que através desta obra podem difundir seus trabalhos e conhecimentos construídos.

Abrindo este livro, temos o artigo **Neurociência aplicada às práticas tecnológicas**, onde é apresentado o estado da arte nesta área do conhecimento. A neurociência configura-se como um campo de pesquisa interdisciplinar composto por neurocientistas, engenheiros e médicos com o objetivo de enfrentar desafios relacionados ao sistema nervoso e suas doenças. Aliado a esta área do conhecimento encontramos a neuroengenharia que compreende aspectos experimentais, computacionais, teóricos, clínicos, moleculares, celulares e sistêmicos.

No artigo **Compreendendo a Resposta Imune Humoral na Relação entre Periodontite e Desfechos Gestacionais Adversos – a pesquisa aplicada na inovação/renovação do conhecimento**, é abordada a questão da periodontite, que é uma doença multifatorial, com participação significativa do hospedeiro, fatores ambientais e bacterianos, onde é a resposta inflamatória do hospedeiro que causa a maior parte da destruição tecidual nesta doença. Neste artigo são tratados todas as causas e inter-relações existentes com a doença abordada.

A situação atual, onde a dengue é um dos maiores problemas de saúde publica do país seguido pela Zika e a Chikungunya faz com que surjam diversas pesquisas voltadas para o desenvolvimento de produtos, processos, invenções e inovações, visando contribuir com

a erradicação desta doença. Este é o foco apresentado no artigo **Inovação Tecnológica no Controle da Disseminação da Dengue Utilizando Modelos Computacionais: Uma Análise Bibliográfica entre as Técnicas Utilizadas no Período de 2010 a 2016**.

Os resultados de trabalhos na área de tratamento para saúde são apresentados no artigo **Bioprospecção de produtos naturais: aplicações e inovações para a terapia do câncer**, área de grande estudos, onde as redes de bioprospecção se apresentam como um campo do conhecimento, pesquisa e inovação que mais avançam por meio da pesquisa básica e aplicada, desenvolvimento de tecnologias e produção de novos produtos, que promovem o fortalecimento de vários setores da economia brasileira, especialmente, com finalidade de obtenção de biofármacos, fitocosméticos, fitoterápicos, suplementos nutricionais, etc.

A análise do problema da dengue na Argentina, mais especificamente em Buenos Aires, é discutido e analisado no capitulo **Surto de dengue na área metropolitana de Buenos Aires. Experiência do hospital de doenças infecciosas F. J. Muñiz.** Esta é a contribuição de pesquisadores argentinos nesta obra.

A **Difusão e conversão do conhecimento para uma formação voltada ao desenvolvimento: uma aplicação do modelo SECI**, é apresentado no artigo seguinte, onde é apresenta a aplicação deste modelo, na construção de uma planta piloto didática para controle de variáveis industriais, É relatada a experiência desenvolvida no Instituto Federal da Bahia, com alunos do curso de Automação industrial.

O avanço da tecnologia no setor automobilístico é tratado no artigo **Aplicação em modelos computacionais de dinâmica veicular**, onde é discutido o aumento da capacidade de processamento computacional disponível, torna possível a adição de mais complexidade aos modelos analíticos possibilitando o desenvolvimento de modelos cada vez mais complexos, como por exemplos modelos que avaliam a dinâmica de veículos automotores.

A questão das inovações tecnológicas no setor da agricultura é abordado no artigo **Modelagem de Dados Estatísticos e Geográfico de Sensores**. Verifica-se que no mundo cada vez mais globalizado, abre-se espaço para a utilização de tecnologias em diversas áreas, incluindo a agricultura familiar. O contínuo desenvolvimento tecnológico permite tanto potencializar vantagens associadas à forma de organizar da produção e criar oportunidades de negócios, quanto ao agricultor que vai obter competitividade aos demais, com auxílio do uso de tecnologias, no auxílio da qualidade e monitoração da produção.

O artigo seguinte, **Da Previsão Tecnológica ao Estudo de Futuro Orientado aos Sistemas de Inovação: de Ontem aos Amanhãs,** apresenta os Estudos de Futuro, que se manteve o mesmo, porém o paulatinamente o conjunto de técnicas evoluiu de acordo com o surgimento de novas aplicações, acompanhando o curso natural da ciência, da tecnologia e, por último, da inovação.

A entrada dos jovens de classe média e alta nas universidades e faculdades de modo cada vez mais precoce, faz com que estes sujeitos cheguem ao ensino superior ainda conectados com as práticas do ensino médio, o que muitas vezes leva a adotarem posturas que indicam um certo nível de imaturidade para as novas exigências do ensino superior, as quais exigem autonomia, disciplina e responsabilidade pela gestão de suas próprias rotinas e vidas acadêmicas. Questões como esta são abordadas no artigo **Projetos com Tema de Livre Escolha: uma prática de educação participativa no curso de Engenharia Mecânica.**

No artigo **O uso de ferramentas analíticas como apoio na gestão e na avaliação em ambientes virtuais de aprendizagem**, é o assunto tratado no artigo seguinte. Neste, são descritas e analisadas diversas ferramentas disponíveis e suas potencialidades no ambiente que mais cresce na educação: os ambientes virtuais.

No artigo seguinte**, Repositório Institucional: o processo de Implantação na Universidade do Estado da Bahia** demonstra como ocorreu o processo de implantação do Repositório Institucional da

Universidade do Estado da Bahia (UNEB). Aborda ainda conceitualmente o Repositório Institucional, demonstrando os possíveis benefícios da utilização dessa ferramenta.

No artigo, denominado **Avaliação Institucional na Educação Básica: Diálogos Necessários na Contemporaneidade**, a autora, analisa a experiência de avaliação institucional de uma escola do estado da Bahia, apresentando todo suporte teórico para discutir os princípios, objetivos, finalidades e aspectos metodológicos da avaliação institucional.

Fechando a obra, é apresentado o **Desenvolvimento de barra de cereal termogênica gelada** é tratado no artigo seguinte. Barra de cereal é um alimento que têm funcionalidade termogênica que possuem como característica acelerar o metabolismo, promovendo assim a queima de gordura corporal. Assim apresenta resultados de uma pesquisa que demonstra total sintonia com o momento atual de cuidados com a saúde.

Espera-se com esta publicação, contribuir na difusão do conhecimento e proporcionar aos leitores contato com tecnologias emergentes e pesquisas desenvolvidas por profissionais do mais alto gabarito.

NEUROCIÊNCIA APLICADA AS PRÁTICAS TECNOLÓGICAS

Hougelle Simplício
Renan Moioli
Fabricio Brasil
Ana Carolina Kunicki
Mariana Ferreira Pereira de Araújo
Edgard Morya

NEUROCIÊNCIA APLICADA AS PRÁTICAS TECNOLÓGICAS

INTRODUÇÃO

Uma visão geral da neuroengenharia

A Neuroengenharia surgiu recentemente como uma área de pesquisa interdisciplinar composta por neurocientistas, engenheiros e médicos com o objetivo de enfrentar desafios relacionados ao sistema nervoso e suas doenças. A neuroengenharia assimila o pragmático método da engenharia para entender o sistema nervoso e desenvolver tratamentos ainda inexplorados para desordens neurológicas. O que diferencia a neuroengenharia da neurociência e da neurofisiologia é a ênfase na metodologia quantitativa aplicada ao sistema nervoso que permeia da neurociência básica até neurologia. Restaurar funções sensoriais, motoras e cognitivas é um desafio prioritário. O campo da neuroengenharia compreende aspectos experimentais, computacionais, teóricos, clínicos, moleculares, celulares e sistêmicos. Engloba por exemplo interfaces cérebro-máquina, interface neuronal, neurotecnologia, neuromodulação, neuroprostética, neuroreabilitação, neuroinformática, neuroimagem, processamento neural, neurociência computacional, sistêmica e translacional. O cérebro humano possui cerca de 100 bilhões de neurônios e é considerado o sistema mais complexo da biologia humana. Entender a organização funcional do sistema nervoso é uma condição necessária para manipular e promover sua restauração. O avanço tecnológico nas últimas décadas permitiu o registro da atividade elétrica neuronal, bem como sua modelagem, possibilitando o acesso a função neuronal, seja com registros intra ou extracelular. Um objetivo inicial pode ser alcançado pela manipulação ou simu-

lação de grupos de células que produzem um efeito definido. Por exemplo, uma atividade motora pode ser induzida por estimulação do córtex motor com eletrodos ou por estimulação elétrica funcional para recuperar uma função. Esta possibilidade de desenvolver ferramentas que fazem interface com o sistema nervoso para restaurar uma função motora, sensorial ou cognitiva abriu uma perspectiva de pesquisa na fronteira da ciência mundial, posicionado a neuroengenharia dentre as áreas de interesse estratégico de países desenvolvidos. Próteses neurais surgiram nas últimas décadas com um grande potencial de aplicação por meio de uma interface ligando uma máquina ao sistema nervoso. Esta interface pode estimular o sistema nervoso (em diferentes níveis; por exemplo: córtex, áreas subcorticais, medula espinal ou nervos periféricos) para mimetizar ou recuperar uma função perdida. Por outro lado, eletrodos no tecido neural podem registrar a atividade neural e transduzir em comandos para atuadores externos ou internos. Essas metodologias de registro e estimulação do sistema nervoso combinadas tem um grande potencial de aplicação para restaurar funções em diversas desordens, melhorando a qualidade de vida de milhões de pessoas em um curto espaço de tempo[1, 2, 3].

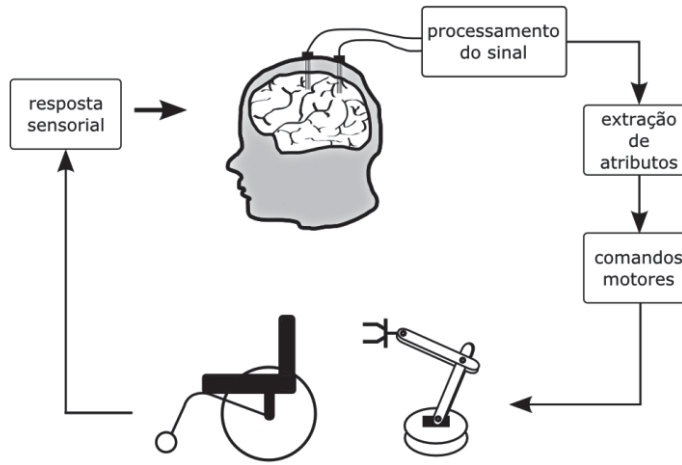
INTERFACE CÉREBRO-MÁQUINA

Sinais elétricos do cérebro são capazes de controlar um braço robótico.

A interface cérebro-máquina (ICM) tem como objetivo estabelecer uma comunicação direta entre o sistema nervoso e artefatos robóticos, eletrônicos ou computacionais por meio do uso de sinais neurofisiológicos e de estimulação cerebral. O desenvolvimento de ICM possui grandes potenciais terapêuticos e tecnológicos para uma variedade de enfermidades neurológicas, que afetam dramaticamente a função motora, tais como a paralisia, a doença de Parkinson, o acidente vascular cerebral (AVC), a esclerose lateral amiotrófica (ELA), dentre outras.

ICM possuem uma arquitetura comum, ilustrada na Figura 1. Seu funcionamento inicia-se com a captação do sinal cerebral por sensores invasivos (intracranianos ou subcutâneos) ou não-invasivos (posicionados no escalpo ou superfície da pele). Segue-se uma etapa de pré-processamento, preferencialmente próxima à região de coleta e especifica para cada tipo de sinal adquirido, em que o objetivo é aumentar a relação sinal ruído. O sinal pré-processado passa então por nova etapa de análise, em que são extraídos atributos relacionados à atividade cerebral ou a imagética motora do sujeito. Com base nestes atributos, produz-se comandos motores para o dispositivo artificial, capaz de atuar sobre o ambiente e evocar uma realimentação sensorial, tanto por órgãos sensoriais intactos do sujeito, como por estimulação direta das vias relevantes. O circuito em malha fechada proporcionado pela ICM possibilita que o próprio sistema nervoso incorpore as propriedades do dispositivo artificial e promova mecanismos de plasticidade sináptica que por sua vez ampliam os atributos dos sinais neurais utilizados para a decodificação de parâmetros motores.

Figura 1 – Arquitetura básica de uma interface cérebro-máquina.



Fonte: Os autores

A captação de sinal neural por meio invasivo é normalmente feita por matrizes de microelétrodos, construídos com materiais biocompatíveis e inseridos em procedimentos cirúrgicos valendo-se de técnicas de estereotaxia. Consegue-se obter o potencial elétrico de membrana de neurônios individuais, próximos ao eletrodo, e também do campo elétrico local (LFP – *"local field potential"*), resultado da atividade elétrica de milhares de células nervosas. Uma outra técnica de captação de sinal invasiva é o uso de eletrocorticograma (ECoG), cujos eletrodos podem ser inseridos sobre ou sob a dura-máter, em contato com a superfície cerebral. Por outro lado, existem também equipamentos que possibilitam a captação do sinal cerebral para aplicações em ICM, mas dispensam o uso de cirurgias, como o eletroencefalograma (EEG), a espectroscopia de infravermelho próximo (NIRS – *"Near infraread spectroscopy"*), o magnetoencefalograma (MEG), e a ressonância magnética funcional (fMRI – *"Functional Magnetic Imaging"*). O EEG é o método mais difundido para uso em ICM pela sua simplicidade de uso e custo. Semelhante ao LFP, cada eletrodo reflete o potencial elétrico de milhões de neurônios corticais, mas com uma resolução espacial menos precisa.

A premissa para a construção de ICM é a de que comandos motores podem ser decodificados a partir de sinais neurais. Portanto, dado que cada método de gravação captura propriedades diferentes da atividade elétrica nervosa, as estratégias de pré e pós processamento devem ser adequadas para a natureza do sinal envolvido. A consequência imediata é que o sinal de controle produzido apresentará complexidade variável, dependendo da riqueza de informação contida no fenômeno gravado. Desta forma, existem limitações quanto ao tipo de atividade motora que pode ser reproduzida com o auxilio das ICM.

Com tecnologias invasivas, o trabalho pioneiro de Chapin *et al.* (1999)[4] demonstrou que os potenciais de membrana de neurônios do córtex motor de ratos podem ser utilizados para controlar um braço robótico. Pouco depois, Carmena *et al.* (2003)[5] expandiram estes resultados em primatas não-humanos e demonstraram que es-

tratégias motoras diferentes podem ser decodificadas de uma mesma população neural; os autores também mostram como o braço robótico artificial é assimilado por mecanismos de plasticidade neural, o que permite ao animal manter o seu desempenho na tarefa. Arquitetura similar foi empregada em dois sujeitos humanos com ELA (Gilja *et al.*, 2015)[6]. Finalmente, com o avanço de tecnologias sem fio e o aumento na densidade de eletrodos nas matrizes de gravação do sinal elétrico do cérebro, já é possível aplicações em que o sujeito utiliza ICM para locomover todo o seu corpo (Rajangam *et al.*, 2016)[7].

As aplicações com ICM não invasivas utilizam principalmente o EEG. A dinâmica cerebral pode ser modulada por eventos externos ou internos ao sujeito e esses fenômenos podem ser explorado para o projeto de ICM. O exemplo mais simples é o potencial visual evocado, em que as oscilações neurais captadas pelos eletrodos do EEG alteram-se com a fixação do olhar do sujeito sobre estímulos visuais de diferentes frequências e intensidades, produzindo-se assim os comandos motores variados. O potencial evocado modulado por níveis de atenção também pode ser explorado em ICM, estes são baseadas no potencial evocado P300. Em um contexto experimental, o sujeito surpreendido por um evento cuja probabilidade de ocorrência é inferior àquela dos demais eventos apresenta uma modulação característica na atividade neural cerca de 300ms após o evento. Essa propriedade é largamente explorada em digitadores computadorizados para restabelecer a comunicação de pessoas acometidas por disfunções motoras graves, como a ELA. Através de uma matriz alfanumérica, com linhas e colunas que piscam em frequências previamente selecionadas, pode-se, através da atenção seletiva, estimar com bastante precisão qual o caractere escolhido pelo sujeito. É possível também o projeto de ICM em que o sujeito modula ativamente os padrões neurais e comandos motores. Em estratégias conhecidas como imagética motora (IM), a intenção (ou imagética) de ações específicas de membros superiores e inferiores produzem padrões de sincronia neural característicos que podem ser explorados para produzir comandos motores enviados a órteses robóticas.

Pacientes que sofreram AVC, por exemplo, não conseguem executar os movimentos de extensão dos dedos, mas são ainda capazes de gerar o comando para que a mão se abra. Ao tentar abrir a mão, ou realizar uma IM, o sinal elétrico do cérebro pode ser captado por um EEG, passar pelas etapas de processamento do sinal, extração de atributos sendo decodificado em tempo real e usado para abrir a mão do paciente utilizando uma órtese anexada ao braço do paciente, por exemplo. Seguindo este princípio pesquisadores da Alemanha mostraram pela primeira vez que o grupo experimental que utilizou essa estratégia obteve uma recuperação motora maior que o grupo controle (Ramos-Murguialday *et al.*, 2013)[8]. Uma estratégia também envolvendo IM foi utilizada para controlar um exoesqueleto na abertura da Copa do Mundo em 2014 (disponível em: http://www.bbc.com/news/science-environment-27812218).

A ICM que surgiu com intuito de promover outra forma de comunicação de pacientes acarretados por problemas motores passou a apresentar outras aplicações nos últimos anos, como controle de exoesqueletos e jogos, e tem tornado a reabilitação mais interativa e motivante aos pacientes. Diversos grupos no mundo tem dedicado especial atenção ao potencial de inovação da ICM nas mais diversas aplicações.

INTERFACE CÉREBRO-CÉREBRO

E se o cérebro puder receber informações de uma interface cérebro-máquina?

Interfaces cérebro-cérebro (ICC) são dispositivos capazes de estabelecer uma comunicação direta entre dois ou mais cérebros através da combinação de técnicas de ICM com técnicas de estimulação cerebral. Este conceito foi proposto pela primeira vez por Miguel Nicolelis (2011)[9] a partir do desenvolvimento de ICM bidirecionais, chamadas interfaces cérebro-máquina-cérebro (ICMC). Nestas, comandos cerebrais controlam um dispositivo externo enquanto, ao

mesmo tempo, este dispositivo gera estímulos que modulam o funcionamento de áreas cerebrais. Este novo paradigma foi usado pela primeira vez para treinar macacos resos (*Macaca mullata*) para controlar os movimentos de um braço virtual (imagem de uma braço projetada na tela do computador que o macaco aprendia a identificar como seu) para explorar objetos virtuais com texturas virtuais diferentes (O'Doherty *et al.*, 2011)[10]. Através desta ICMC, sempre que os animais usavam sua atividade cerebral para controlar o braço virtual e explorar a superfície destes objetos virtuais, sinais elétricos relativos a textura virtual do objeto tocado eram enviados ao córtex somato-sensorial primário dos animais. Após algumas semanas de treino, os animais foram capazes de aprender a discriminar diferentes texturas virtuais (O'Doherty *et al.*, 2011) através da estimulação elétrica enviada ao cérebro dos mesmos.

Pouco tempo depois, a primeira ICC foi desenvolvida para permitir a transferência, em tempo real, de informações sensório-motoras entre os cérebros de dois ratos (País-Vieira *et al.*, 2013)[11]. Nesta ICC, um rato "codificador"' em Natal (Rio Grande do Norte, Brasil) realizou uma tarefa de discriminação entre duas opções de estímulos táteis ou visuais. Enquanto o rato "codificador" executava a tarefa, matrizes de microelétrodos implantados no cérebro destes animais registraram os sinais elétricos do cérebro do mesmo, tais sinais foram analisados, decodificados e transmitidos, sob a forma de estímulo elétrico, para ao cérebro de um rato "decodificador" em Durham (Carolina do Norte, EUA). O rato "decodificador" aprendeu a fazer a tarefa comportamental guiado apenas pela informação fornecida pelo cérebro do rato "codificador". Este experimento foi pioneiro em provar o conceito que o conteúdo de um cérebro pode ser transmitido a um outro cérebro e abre perspectivas para toda uma nova área de pesquisa na qual se poderá utilizar tal abordagem para o tratamento de doenças neurológicas degenerativas graves como a Doença de Azheimer, permitindo que um cérebro que perdeu uma função devido a esta doença possa recebê-la novamente através da informação vinda de um cérebro sadio. Além disso, um sistema complexo foi

formado pela conexão entre os cérebros dos dois animais, visto que tanto o rato codificador como o decodificador mudaram o comportamento em função dos seus desempenhos.

Um crescente número de estudos têm implementado ICC e investigado suas propriedades de transferência de informação em tempo real entre dois cérebros. Já foram descritas, por exemplo, ICC para a transferência de memória hipocampal entre roedores (Deadwyler *et al*., 2013)[12], para a transferência de informação visual entre uma pessoa e um roedor (Yoo *et al*., 2013)[13] e para a transmissão de informação motora entre o cérebro de duas pessoas (Rao *et al*., 2014; Grau *et al*., 2014)[14,15]. Em todos esses estudos, a transferência de informação de um cérebro a outro ocorreu via registro da atividade neural de áreas específicas de um cérebro e envio de sinais relacionados a esta atividade ao segundo cérebro através de diversas técnicas de estimulação cerebral.

Recentemente, foi proposto que, além da transferência de informações de um cérebro para outro, múltiplos cérebros poderiam cooperar através de uma interface para atingir um objetivo comum. Este novo tipo de interface, denominado *Brainet,* seria formado por uma rede de cérebros interconectados por uma ICC compartilhada. Em 2015, foi publicada a primeira demonstração de que múltiplos cérebros podem ser integrados em uma *Brainet* (Ramakrishnan *et al*). Neste trabalho, os autores descrevem interfaces formadas por três macacos que foram treinados a sincronizar a atividade elétrica cerebral entre eles por meio de retroalimentação sensorial visual (*feedback* visual) para controlar de maneira cooperativa os movimentos do braço de um avatar em um espaço tridimensional. Posteriormente, Pais-Vieira *et al* (2015) reportaram a construção de uma *Brainet* ainda mais complexa entre quatro cérebros de ratos que coletivamente trabalharam para resolver problemas computacionais e comparou com a performance individual de cada rato separadamente. Neste estudo, a performance da *Brainet* foi superior a de cérebros individuais.

As ICC e as *Brainets* trouxeram uma abordagem totalmente nova para o uso de ICM. No futuro, as propriedades emergentes que resultam destes novos tipos de dispositivos computacionais orgânicos serão estabelecidas e se tornarão uma importante ferramenta para estudar as bases neurofisiológicas da interação social e do comportamento em grupo. Além disso, esses dispositivos tem potencial aplicação em pacientes com desordens neurológicas como a doença de Parkinson e o acidente vascular cerebral no qual as ICM já tem sido utilizadas experimentalmente para restaurar a função sensório-motora.

NEUROMODULAÇÃO

Corrente elétrica: da compreensão do sistema nervoso ao tratamento das doenças neurológicas

A neuromodulação é uma área dentro da neuroengenharia na qual o conhecimento adquirido em pesquisas básicas avançou através da "pesquisa translacional" e se tornou uma realidade para o tratamento de diversas doenças e desordens neurológicas. Consiste na modulação de uma função neurológica através do uso de estimulação elétrica no tecido nervoso. A primeira demonstração de aplicação de corrente elétrica a um tecido biológico foi realizada em 1876 por Galvani quando este induziu a contração muscular das patas de sapos através da estimulação do nervo ciático do animal. Em 1793, poucos anos após o experimento de Galvani, Larrey, um cirurgião do exército de Napoleão, reproduziu o mesmo experimento em um soldado que havia se ferido e tinha seu nervo ciático exposto[16].

Durante os séculos XIX e primeira metade do século XX, a medicina se apropriou de diferentes técnicas de estimulação elétrica do sistema nervoso central e periférico que permitiram o avanço da compreensão de diversas doenças neurológicas e seus mecanismos eletrofisiológicos. Desta forma, a estimulação elétrica foi utilizada em estudos fundamentais sobre a organização funcional do córtex cerebral de

animais[17] aos estudos realizados em humanos sobre diversos aspectos do funcionamento do sistema nervoso; destacando-se os estudos sobre os reflexos espinais (Hess, 1932)[18] e o mapeamento funcional do córtex cerebral humano (Penfield e Jasper, 1954)[19]. Em 1970, Shealy *et al.*[20] inaugurou a era moderna com o primeiro estudo demonstrando a utilidade da neuromodulação no tratamento de desordens neurológicas. Neste estudo, Shealy *et al.* demonstraram que a estimulação elétrica da medula espinal produzia analgesia em pacientes portadores de dor crônica que não obtiveram alívio as suas dores com uso de medicações. Foi a primeira vez que o potencial terapêutico da neuromodulação sobre o sistema nervoso foi demonstrado em um estudo com tamanha relevância científica, pois não se tratava mais de relatos de casos com havia sido feito por demais autores anteriores até então; mas de um estudo com rigor científico (Estudo clínico randomizado) que não deixou dúvida sobre os efeitos da neuromodulação. Foi também um marco na neuroengenharia pois foi a primeira vez que seres humanos receberam o implante de uma prótese neurológica que geraria uma corrente elétrica que seria enviada ao sistema nervoso. Neste estudo, tais próteses eram temporárias e foram posteriormente retiradas cirurgicamente dos pacientes.

Desde então, a estimulação elétrica da medula espinal tornou-se um tratamento para pacientes com dor crônica. Recentemente, a medula espinal foi explorada como alvo a estimulação elétrica capaz de tratar outra doença – a Doença de Parkinson. Fuentes *et al.*[21] demonstraram em roedores que a estimulação elétrica da medula espinal pode ser utilizada no tratamento da Doença de Parkinson e este mesmo grupo realizando outro estudo no Brasil confirmou estes achados (Santana *et al.*, Neuron 2014)[22] utilizando primatas não humanos. A Doença de Parkinson é hoje a doença neurológica degenerativa que é mais largamente tratada com neuromodulação. Em 1980, Mazards, Merienne e Cioloca[23] descreveram que a estimulação elétrica de uma região profunda do cérebro – o tálamo – realizada durante cirurgias neurológicas diminuiam os sintomas do Parkinson. Seguindo estas descobertas, em 1980, Benabid, Pollack e Louveau[24] publicaram um

estudo em que trataram pacientes com Parkinson com estimulação elétrica do tálamo. Este estudo foi fundamental não apenas na história da Doença de Parkinson, mas também na Neuromodulação pois foi o primeiro estudo em que uma prótese neurológica para neuromodulação seria implantada no paciente com o objetivo de ser em caráter definitivo e não mais temporário como havia ocorrido no estudo de Shealey (1970). Além disso, foi a primeira vez que o cérebro seria o alvo da corrente elétrica desta neuroprótese. Desde então, vários estudos se concentraram em buscar aprimoramento do tratamento do Parkinson através da neuromodulação, procurando aprimorar os dispositivos em si com baterias mais duradouras, baterias regarregavéis, interface de programação mais amigável e, também, através da busca de novos alvos anatômicos para o estímulo elétrico – núcleo subtalâmico, Globo Pálido interno e medula espinal, como já comentado.

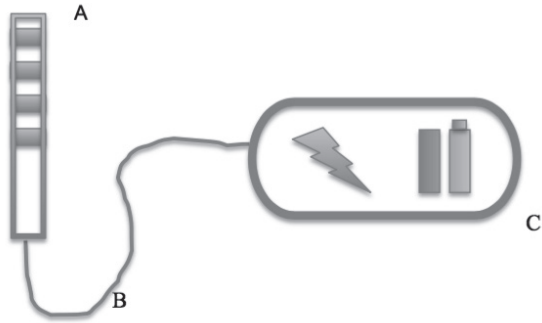
Doenças psiquiátricas ou, como mais recentemente são chamadas, doenças neuropsiquiátricas também vem sendo objeto do estudo e das pesquisas com neuromodulação. O Transtorno obsessivo-compulsivo[25] e a Depressão[26] estão entre os mais largamente estudados

A neuromodulação também se consagrou como tratamento das epilepsias resistentes aos medicamentos. Diversos alvos foram testados, sendo a estimulação elétrica do nervo vago a mais difundida. Desde os estudos iniciais realizados por Zanchetti *et al*.[27] que relataram as alterações eletrofisiológicas decorrentes da estimulação elétrica do nervo vago até um estudo internacional publicado pelo "*The Vagus Nerve Stimulation Study Group*"[28] a demonstração que as funções cerebrais podem ser moduladas através da estimulação elétrica de um nervo periférico e não necessariamente de uma região própria do cérebro são impressionantes e permitem um amplo leque de possibilidades.

Atualmente próteses neurológicas são largamente implantadas em pessoas que tem Doença de Parkinson. dor crônica, epilepsias resistentes a medicamentos, depressão e demais desordens neurológicas.

Estas neuropróteses possuem basicamente por três componentes: o eletrodo, o gerador de pulsos elétricos e a bateria. O gerador de pulso e a bateria ficam em um mesmo módulo que é colocado sob a pele para permitir comunicação através de radiofrequência com um programador e é conectado, através de um fio, ao eletrodo onde a corrente elétrica é descarregada no tecido nervoso (Figura 2).

Figura 2 – Arquitetura básica de uma prótese de Neuromodulação. A: Eletrodo; B: Gerador de pulsos + Bateria; C: fio de conexão.



Fonte: Os autores

Estas próteses de neuromodulação tem evoluído em todos seus compenentes. As baterias tornaram-se regarregáveis e assim possuem uma longevidade bem maior que as de primeira geração. Os primeiros geradores se conectavam aos programadores permitindo aos médicos ligar ou desligar o aparelho ou fazer ajustes na corrente elétrica a ser descarregada no sistema nervoso através de radiofrequência; no entanto, atualmemte comunicação bluetooth já é disponível; assim como, os programadores já incorporaram a tecnologia e interface do tablets e *iPod*® permitindo ao usuário e aso médicos uma interface gráfica de programação mais amigável. No entanto, o avanço mais notável se deu na combinação dos eletrodos e dos processadores existentes no gerador de pulsos. Os de primeira geração eram responsáveis por receber a programação por radiofrequência de um

programador externo utilizado pelo médico e processar a informação para transmití-la ao gerador de pulsos *per si* que se encarregaria de produzir a corrente elétrica a ser descarregada no tecido nervoso. Atualmente, os eletrodos são capazes de registrar sinais elétricos do cérebro, ou de qualquer outro local do sistema nervoso onde esteja implantados, enviar esses sinais ao processador existente dentro do gerador de pulsos e aquele é capaz de processar os sinais elétricos segundo um algoritmo matemático e se baseando nesta informação provida em tempo real pelo próprio cérebro do paciente, definir a exata corrente elétrica a ser descarregada e em que momento ela é necessária; desta forma se obtêm uma neuroprótese de alça fechada ("*closed loop*") que é capaz tanto de estimular eletricamente o sistema nervoso como captar e analisar sinais elétricos produzidos pelo cérebro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS

A neuroengenharia é uma área interdisciplinar da pesquisa que se apropria de métodos comuns as engenharias e a neurociência para analisar funções neurológicas e propor soluções para desordens neurológicas. Apesar de ser uma área de pesquisa recente, tem se desenvolvido rapidamente alcançando diversas áreas do conhecimento para solucionar seus próprios desafios: desde o desenho de eletrodos a métodos de aquisição e processamento do sinal biológico, passando pela anatomia e fisiologia das funções neurológicas até o desenvolvimento da robótica. A interação com demais áreas na fronteira da ciência é constantemente necessária; análise de sinais, transmissão de dados, biocompatibilidade, neuroplasticidade e reorganização funcional do cérebro são apenas alguns exemplos.

A neuroengenharia possui três estratégias no campo de Pesquisa e aplicação de suas soluções: reabilitação, substituição e neuromodulação. Estas três estratégias deram origens as áreas conhecidas como Reabilitação robótica, Interface cérebro-máquina e Neuromodulação. No entanto, como compartilham de um mesmo princípio – a possibilidade de interação do sistema nervoso com dispositivos,

externos ou implantados (internos), estas três áreas se aproximam cada vez entre si, aproveitando-se dos conhecimentos gerados por cada uma destas três linhas de pesquisa. Desta forma, se vislumbra no futuro que dispositivos externos (neuroórteses) ou implantados (neuropróteses) possam auxiliar os seres humanos no alívio dos sintomas de doenças ou permitir que avancemos tanto individualmente (Interface cérebro-máquina) como coletivamente (Interface cérebro-cérebro). Isto sem dúvida abre tremendas possibilidades de interação com áreas como sociologia e antropologia até então distantes das ciências duras, como física e biologia; assim como a presença atenta de estudiosos em Neuroética. O futuro de nós, seres humanos, e a neuroengenharia é promissor.

NOTAS

[1] Donald R Franceschetti. Applied Science. Salem Press, 2012.

[2] Metin Akay. Handbook of neural engineering. IEEE Press, 2007.

[3] Tim C Pearce, Marc de Kamps, Alois Knoll, Guy Orban, Peter König, Gulio Sandini, Fabrizio Davide and Andreas K Engel. Neuroengineering---a renaissance in brain science: Tutorial Series from the 3rd Neuro-IT and Neuroengineering Summer School, Journal of Neural Eng, 2, 2005.

[4] Chapin JK, Moxon KA, Markowitz RS, Nicolelis MA. Real-time control of a robot arm using simultaneously recorded neurons in the motor cortex. Nat Neurosci. 1999 Jul;2(7):664-70.

[5] Carmena JM, Lebedev MA, Crist RE, O'Doherty JE, Santucci DM, Dimitrov DF, et al. (2003) Learning to Control a Brain–Machine Interface for Reaching and Grasping by Primates. PLoS Biol 1(2): e42. doi:10.1371/journal.pbio.0000042

[6] Gilja et al. (2015) Clinical translation of a high-performance neural prosthesis. Nat Med. 2015 Oct;21(10):1142-5. doi: 10.1038/nm.3953. Epub 2015 Sep 28.

[7] Wireless Cortical Brain-Machine Interface for Whole-Body Navigation in Primates Sankaranarayani Rajangam, Po-He Tseng, Allen Yin, Gary Lehew, David Schwarz, Mikhail A. Lebedev & Miguel A. L. Nicolelis *Scientific Reports* 6, Article number: 22170 (2016)

[8] Ramos-Murguialday, A., Broetz, D., Rea, M., Läer, L., Yilmaz, Ö., Brasil, F. L., Liberati, G., Curado, M. R., Garcia-Cossio, E., Vyziotis, A., Cho, W., Agostini, M., Soares, E., Soekadar, S., Caria, A., Cohen, L. G. and Birbaumer, N. (2013), Brain–machine interface in chronic stroke rehabilitation: A controlled study. Ann Neurol., 74: 100–108. doi: 10.1002/ana.23879

[9] Nicolelis, M. Beyond boundaries: the new neuroscience of connecting brains with machines and how it will change our lives. 1st edn, (Times Books/Henry Holt and Co., 2011).

[10] O'Doherty, J.E., Lebedev, M.A., Ifft, P.J., Zhuang, K.Z., Shokur, S., Bleuler, H., and Nicolelis, M.A. Active tactile exploration enabled by a brain-machine-brain interface. Nature, 479, 228 (2011).

[11] Pais-Vieira, M., Lebedev, M., Kunicki, C., Wang, J. & Nicolelis, M. A. A brain-to-brain interface for real-time sharing of sensorimotor information. Sci Rep 3, 1319 (2013).

[12] Deadwyler, S. A. et al. Donor/recipient enhancement of memory in rat hippocampus. Front Syst Neurosci 7, 120 (2013).

[13] Yoo, S. S., Kim, H., Filandrianos, E., Taghados, S. J. & Park, S. Non-invasive brain-to-brain interface (BBI): establishing functional links between two brains. PLoS One 8, e60410 (2013).

[14] Rao, R. P. et al. A Direct Brain-to-Brain Interface in Humans. PLoS One 9, e111332 (2014). Grau, C. et al. Conscious brain-to-brain communication in humans using non-invasive technologies. PLoS One 9, e105225 (2014).

[15] Ramakrishnan, A. et al. Computing arm movements with a monkey brainet. Sci Rep 5, 10767 (2015).

[16] Velasco F. et al. Neuromodulation: History, Principles and Current Trends. in Neuromodulation (2010), 1st edition Editora Alaúde.

[17] Ferrier D. The function of the brain. London: Smith-Elder;1886. p. 267.

[18] Hess WR, Beitrage zur physiologie des hirnstammes. I Die methodic der localizerten reisung und ausschaltung subkortikaler hirn ahschnitte. Leipzig: Thieme; 1932. p. 362.

[19] Penfield W, Jasper HH. Epilepsy and the functional anatomy of the human brain. Boston: Little Brown & Co; 1954. p. 326

[20] Shealy C, Mortimer J, Hagtors N. Dorsal column electroanalgesia. J Neurosurg. 1970:32:560-9.

[21] Fuentes R, Petersson P, Siesser WB, Caron MG, Nicolelis M. Spinal cord Stimulation Restores Locomotion in Animal Model of Parkinson's Disease. Science 323,1578 (2009).

[22] Santana MB, hajle P, Simplício H, Richter U, freire MAM, Petersson P, Fuentes R, Nicolelis, M. Spinal cord Stimulation Alleviates Motor Deficits in a Primate Model of Parkinson Disease. Neuron 84, 1-7(2014).

[23] Mazards G, Merienne L, Cioloca. Control of dyskinesias due sensory deafferentation by means of thalamic stimulation. Acta Neurochir Suppl (Wien). 1980;30:239-42.

[24] Benabid AL, pollack P, Louveau A. Combined (thalamotomy and stimulation) stereotatic surgery of Vim thalamic nucleus for bilateral Parkinson's diesase. Appl Neurophysiol. 1987;50:344-64.

[25] Nuttin BJ, Cosyns P, Demeulemeester H,Gybels J, Meyerson B. Electrical stimulation in anterior limbs of internal capsule in patients with obsessive-compulsive disorder. Lancet 1999:354:1526.

[26] Mayberg HS, Lozano AM, Voon V, Mcneely HE, Seminowicz D, Hamani C, Schwalb JM, Kennedy SH. Deep brain stimulation for the treatment-resistant depression. Neuron 2005:45:651-60.

[27] Zanchetti A, Wang SC, Moruzzi G. The effect of vagal afferent stimulation on the EEG pattern of the cat. Electroencephalogr Clin Neurophysiol. 1952;4:357-68.

[28] The Vagus Nerve Stimulation Study Group. A randomized controlled trial of chronic vagus nerve stimulation for treatment of medically intractable seizures. Neurology 1995 vol.45 no.2 224-30.

COMPREENDENDO A RESPOSTA IMUNE HUMORAL NA RELAÇÃO ENTRE PERIODONTITE E DESFECHOS GESTACIONAIS ADVERSOS – A pesquisa aplicada na inovação/renovação do conhecimento

Soraya Castro Trindade
Paulo Cirino de Carvalho Filho
Isaac Suzart Gomes Filho
Greiciele Vitor Santos da Paz
Carolina de Vasconcelos Munduruca
Johelle de Santana Passos-Soares
Simone Seixas da Cruz

COMPREENDENDO A RESPOSTA IMUNE HUMORAL NA RELAÇÃO ENTRE PERIODONTITE E DESFECHOS GESTACIONAIS ADVERSOS – A pesquisa aplicada na inovação/renovação do conhecimento

INTRODUÇÃO

As doenças periodontais são enfermidades inflamatórias crônicas mais comuns em humanos (BENAKANAKERE, 2012). A periodontite é a forma irreversível dessas enfermidades. Sua patogênese compreende um certo número de condições inflamatórias e infecciosas provocadas pela interação entre os biofilmes bacterianos supragengival e subgengival e a resposta inflamatória do hospedeiro. Essas agressões bacterianas persistentes na cavidade bucal, aliadas a uma resposta imunoinflamatória irregular do hospedeiro, podem ter conseqüências que ultrapassam os tecidos bucais, tornando-se fatores de risco para agravos sistêmicos.

Nessa perspectiva, já foi investigada a existência de relação entre a periodontite e doenças do aparelho circulatório (DAVENPORT, 1998) e respiratório (GOMES-FILHO *et al.*, 2014; GOMES-FILHO *et al.*, 2013), doenças renais (NAUGLE, 1998; RODRIGUES *et al.*, 2014) e até mesmo complicações gestacionais (OFFENBACHER, 2006; DAVENPORT, 1998; KHADER *et al.*, 2009, CRUZ *et al.*, 2009, RADNAI *et al.*, 2009, CRUZ *et al.*, 2010, RAKOTO-ALSON *et al.*, 2010, HEIMONEN *et al.*, 2009). Com relação a essa última condição sistêmica, a exemplo da prematuridade e do baixo peso ao nascer, muitos estudos refutaram a hipótese desta possível associação (VETTORE *et al.*, 2008, MICHALOWICZ *et a*l., 2009, OFFENBACHER *et al.*, 2009, NEWNHAM *et al.*, 2009, MOIMAZ *et al.,* 2009), demonstrando uma controvérsia sobre o tema e uma lacuna no conhecimento, principalmente na prevenção

e controle da periodontite pelas mulheres no período de gestação. A periodontite materna representa uma fonte significativa de microorganismos potencialmente patogênicos, atuando como reservatório crônico para a migração de bactérias e seus produtos de virulência, que podem afetar direta ou indiretamente a saúde materno-fetal, podendo estar relacionada com até metade dos partos prematuros sem causa conhecida (KHADER *et al.*, 2009; MADIANOS, 2001; OFFENBACHER,1998).

A prematuridade e o baixo peso ao nascer são graves problemas de saúde pública e responsáveis por grande parte da morbimortalidade neonatal. O recém-nascido prematuro é considerado quando o nascimento se dá antes da 37ª semana completas de gestação (OMS, 2006). O baixo peso ao nascer (BPN) é aquela condição em que o neonato se apresentou com menos de 2.500g ao nascimento, independentemente da idade gestacional. Além disso, a prematuridade é considerada como o principal fator de risco para o BPN (Goldenberg, 2000).

Apesar do empenho das equipes de saúde e ações de saúde pública para diminuir os índices de prematuridade, sua ocorrência vem crescendo gradativamente nos último 20 anos, estando associada a cerca de 2/3 das mortes neonatais (PISCOYA, 2010), 50% das sequelas neurológicas (GIBBS, 2001), a anormalidades anatômicas e funcionais, de aprendizagem e comportamental durante a infância e que podem se prolongar até a vida adulta. Quanto menor a idade gestacional, maior a probabilidade de risco para a mortalidade, abandono e problemas de saúde (Oliveira, 2009).

Já o BPN é considerado o fator biológico de maior relevância para a sobrevivência do neonato, tanto em países desenvolvidos como naqueles em desenvolvimento. É extremamente eficiente para prever o risco elevado de morte infantil no grupo de crianças concebidas nesta circunstância. Revela-se também como um importante preditor para a exposição do neonato a outros fatores de risco, como baixo poder socioeconômico, enfermidades maternas e desnutrição (MENEZES *et al*, 1998).

Diante da relevância dos eventos mencionados, este capítulo tem por objetivo discutir as pesquisas aplicadas que avaliaram a influência da periodontite sobre a PBPN, abordando, em particular, aspectos e achados da resposta imune humoral em gestantes, na tentativa de facilitar o entendimento da temática e contribuir para a inovação/renovação deste conhecimento. Desta forma, quatro partes serão apresentadas. Na primeira, os fatores predisponentes mais conhecidos para a PBPN serão abordados. Na segunda parte, a influência das alterações fisiológicas que ocorrem durante a gestação sobre os tecidos periodontais será demonstrada, com ênfase para o papel dessas mudanças como fator predisponente ao surgimento e/ou agravamento das doenças periodontais. Em seguida, será apresentada a controvérsia ainda existente nos trabalhos que investigaram o efeito da exposição à periodontite na PBPN. Por fim, na última parte, a resposta imune humoral será descrita por meio da apresentação de pesquisas aplicadas que apontam o papel protetor da produção de anticorpos específicos, pela gestante, contra patógenos periodontais.

FATORES PREDISPONENTES DA PREMATURIDADE E BAIXO PESO AO NASCER

O mecanismo biológico que explica a influência da periodontite sobre a PBPN pode ser assim descrito de forma sumarizada: os patógenos e seus subprodutos entram na cavidade uterina durante a gravidez pela via hematogênica, a partir de um foco extra-genital ou por uma via ascendente do trato genital inferior, vagina/colo do útero, estimula grande quantidade de citocinas e mediadores inflamatórios, intimamente relacionados à fisiologia da PBPN (PASSANEZI *et al.*, 2007). Mesmo ocorrendo à distância, através da produção sistêmica de PGE2, TNFα, IL-1b, esses mediadores atravessam a estrutura corioamniônica até o líquido amniótico. E quanto maior é a extensão e gravidade da infecção periodontal, maiores serão os níveis de produção destes mediadores inflamatórios (DASAYANAKE,1998).

Os resultados obstétricos adversos destes acometimentos dependem não apenas da gravidade, como também do tempo de exposição à

periodontite. As exposições mais breves e brandas tendem a induzir a hipercontratilidade uterina, dilatação cervical e perda da integridade da membrana, levando o feto ao nascimento prematuro. Já exposições mais pronunciadas e/ou prolongadas estão mais associadas com restrição do crescimento intra-uterino, aborto espontâneo, tardio e natimorto (MADIANOS *et al.,* 2013).

No entanto, diante do caráter multifatorial dos eventos citados, de uma maneira geral, não se pode excluir a possibilidade que outros fatores também concorram para que esta relação exista. Desse modo, a seguir, alguns fatores predisponentes envolvidos nessa cadeia de causalidade serão descritos.

A *United Nations Adminstrative Commitee on Coordination/Sub-committee on Nutrition* (2000), incubido de divulgar a condição mundial da nutrição, destacou o hábito de fumar materno, durante a gravidez, como o fator de risco de maior importância no estabelecimento da PBPN, pois pode afetar o crescimento intra-uterino por hipóxia fetal decorrente do aumento dos níveis de carboxihemoglobina, vasoconstricção uterina e alteração do metabolismo fetal (ZAMBONATO *et al.*, 2004). Destacou ainda a condição nutricional materna, o baixo ganho de peso gestacional, baixo índice de massa corpórea antes da gestação, e também, a eclampsia, o consumo de bebida alcoólica e drogas e o histórico de baixo peso ao nascer anterior (RUGOLO, 2005).

A condição socioeconômica baixa tem sido relacionada à maior frequência da PBPN. Quanto menor o nível de escolaridade materna, maior o risco para o evento gestacional referido, pois acredita-se que o baixo nível de informação da mãe termina por negligenciar com os cuidados durante o período gestacional, bem como este status socioeconômico dificulta ao acesso para o serviço de saúde e consequente acompanhamento no período pré-natal (NASCIMENTO,2003).

A idade materna, nos extremos da vida reprodutiva, também constitui um dos principais fatores de risco da PBPN. Mães adolescentes apresentam o processo de formação física ainda em andamento e, também,

maior dificuldade de acesso às informações sobre saúde, inclusive o acesso ao serviço de saúde, em especial o acompanhamento pré-natal. (MINAGAWA *et al*., 2006). Já o outro extremo de idade, representado por mulheres a partir dos 35 anos, existe uma maior frequência de intercorrências na gravidez, tais como diabetes e hipertensão, que alteram o seguimento normal da gestação e aumenta a frequência de episódios de partos prematuros (GIGLIO *et al*., 2005).

As infecções genito-urinárias são apontadas como forte fator de risco para PBPN, direta ou indiretamente, através da produção e ação de endotoxinas ou mediadores inflamatórios, estes últimos representados pela prostaglandina E2 (PGE2), IL-1b, IL-6 e TNF-α. Estes mediadores estão naturalmente presentes na fisiologia do trabalho de parto e, quando em demasia, podem precipitá-lo (GIBBS, 2001). Entretanto, as infecções genito-urinárias só explicam uma pequena parte dos desfechos gestacionais adversos. A presença dos mediadores inflamatórios anteriormente citados, em associação com as membranas ovulares com sinais de inflamação, sem indicativo de infecção local, sugere a presença de infecções em pontos extragenitais (WINKLER, 2003). Dai a hipótese que relaciona a infecção periodontal ao PBPN, afecção de natureza infecciosa, associada inicialmente ao acometimento das superfícies dos dentes por bactérias anaeróbicas Gram negativas, apresenta mecanismo biológico potencialmente prejudicial ao desenvolvimento da gestação, mesmo ocorrendo à distância.

Assim, parece de fundamental importância a identificação, no curso do período pré-natal, os fatores que constituem risco para o nascimento de crianças PBPN para controle desse desfecho (LIMA e SAMPAIO, 2004).

A GESTAÇÃO E AS ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS QUE SUSCETIBILIZAM A CONDIÇÃO PERIODONTAL

Durante a gestação, diversas modificações ocorrem no organismo materno com a finalidade de promover o desenvolvimento do feto

no útero gravídico. Evoluem de forma paulatina e viabilizam o substancial às demandas metabólicas, à constituição dos tecidos, à formação de reserva para a fase neonatal. Dentre essas alterações, podemos citar aumento da frequência cardíaca e respiratória, aumento do consumo de oxigênio e do volume sanguíneo. Alterações hormonais também ocorrem, sendo fatores primordiais para a manutenção e progressão da gestação, em especial através do aumento da produção de progesterona e estrogênio.

Após o processo de fecundação, a produção destes hormônios sexuais esteroidais é inicialmente mantida pelo corpo lúteo. Dentro de poucas semanas, a placenta assume a sua produção, aumentando-a de forma exponencial a partir da décima quinta semana de gravidez, alcançando o seu auge quando à termo. Estima-se que a concentração destes hormônios eleva-se em cerca de 10 a 30 vezes, quando comparado aos níveis ao longo do ciclo menstrual normal, permitindo a quiescência e preparo do miométrio (MASCARENHAS, 2003).

Há evidências que estes dois hormônios atuem diretamente no tecido periodontal. A presença de receptores específicos no tecido gengival, nos fibroblastos do periósteo e do ligamento periodontal, indica que esses tecidos são alvos inevitáveis para a sua ação (PASSANEZI, 2007).

Níveis aumentados de progesterona acentuam a permeabilidade vascular, promovendo a formação de edema gengival e incremento na produção do fluido sulcular, que é uma complexa mistura de plasma, leucócitos, células estruturais do periodonto e microrganismos bucais entre os sulcos gengivais. Estimulam também a produção de prostaglandinas, intensificando a inflamação da gengiva e eliminação da ceratinização do epitélio gengival, reduzindo, consequentemente, a capacidade de defesa que a estrutura epitelial efetua no organismo. A produção de PGE2 *in vitro*, através de células inflamatórias e fibroblastos gengivais, atua como indutores da desmineralização e reabsorção óssea, além de estimuladores de proteinases, promovendo, consequentemente, degradação tecidual (LAINE, 2002).

A alteração hormonal atua inibindo a produção de proteínas colágenas e não colágenas por fibroblastos gengivais e a sua proliferação, alterando a quantidade e qualidade do colágeno na gengiva, como também eleva o metabolismo do folato, modificando negativamente o processamento de reparo e conservação tecidual (PASSANEZI, 2007). Altera o ajuste da produção de diversas interleucinas, em especial a interleucina IL-6, deixando os tecidos gengivais mais susceptíveis à injúria inflamatória secundária a etiologia infecciosa (LAPP, *et al*.,1995).

Ainda se observa a existência de modificação da composição bacteriana do biofilme subgengival, simultaneamente a redução do pH salivar e sua ação protetora (MOSS, 2005). Durante a gestação, há aumento bastante significativo na quantidade de bactérias no biofilme subgengival, quando comparado ao período pós-parto, entretanto, os fatores anteriormente citados, quando associados, parecem aumentar a gravidade da inflamação gengival, independentemente da quantidade de biofilme presente. Em contrapartida, observou-se uma mudança qualitativa na composição das espécies bacterianas durante o período gestacional, principalmente a partir do segundo trimestre, composta por bactérias anaeróbias, em especial por *Prevotella intermedia* e *Porphyromonas gingivalis*, concomitantemente ao aumento da inflamação gengival. Essa bactérias obtém sua nutrição a partir dos hormônios, que lhes aparentam funcionar como fatores de crescimento cruciais. As alterações intensificadas pelo estrogênio e progesterona justificam o aumento de inflamação gengival durante os períodos de oscilação hormonal. (LINDHE, 2010).

As alterações gengivais que se iniciam por volta do 2º mês de gravidez, aumentam progressiva e simultaneamente com o incremento hormonal do 4º ao último mês da gestação, iniciando o processo de regressão no período pós-parto, quando, subitamente, os níveis hormonais normais são reparados. A partir deste momento as alterações gengivais involuem, até que retornem aos padrões pré-existentes à gestação. Esse processo é concluído em um período estimado de um ano. As alterações microbiológicas, habitualmente, não permanecem no período pós-parto (KLOKKEVOLD, 2002).

A gravidez não atua como fator causal da doença periodontal, mas sim como fator agravante, quando há um quadro infecioso clinico ou subclínico pré-existentes, contribuindo indiretamente para o estabelecimento da doença periodontal (LAINE, 2002).

A INFLUÊNCIA DA EXPOSIÇÃO À PERIODONTITE SOBRE A PREMATURIDADE E O BAIXO PESO AO NASCER: E SUAS CONTROVÉRSIAS...

Desde meados dos anos 90, a associação entre a doença periodontal e PBPN tem despertado o interesse de investigação da comunidade científica. No primeiro estudo realizado acerca deste tema, Offenbacher *et al*.. (1996) observaram que mães de crianças prematuras e de baixo peso ao nascer possuíam pior estado de saúde periodontal quando comparada àquelas cujos filhos tinham nascido à termo e com peso normal. A referida associação perdurava mesmo quando os fatores de risco conhecidos, tais como a idade materna, consumo de bebida alcoólica, hábito de fumar, cuidados pré-natais e história de bacteremia eram ajustados ou controlados. Posteriormente, outros estudos vieram reforçar tal hipótese (KHADER *et al*., 2009, CRUZ *et al*., 2009, RADNAI *et al*., 2009, CRUZ *et al*., 2010, RAKOTO-ALSON *et al*., 2010, HEIMONEN *et al*., 2009, CRUZ *et al.* 2005, LOURO *et al*., 2001) e atualmente, de acordo com os estudos observacionais, existe associação positiva modesta entre a periodontite e a PBPN, podendo variar de acordo com a população em estudo, meios de avaliação da condição periodontal e classificação empregados (SANZ & KORNMAN, 2013).

Estudos de intervenção também têm sido conduzidos na tentativa de estabelecer uma relação causal entre periodontite e PBPN. Investigações que avaliam a influência do tratamento da periodontite e PBPN são escassas na literatura, tendo em vista a sua dificuldade de execução e as questões éticas envolvendo a não realização do tratamento periodontal em um grupo de mulheres diagnosticadas com a referida doença. Dentre os trabalhos, López *et al*., (2002 e 2005) e Michalowicz *et al*. (2006) optaram pela escolha de controles ran-

domizados, indubitavelmente, a melhor estratégia para investigações que pretendem estabelecer relações de causa e efeito (SCHANDISH e HEINSMAN, 1997). Por outro lado, discute-se sobre o aspecto ético em acompanhar mulheres grávidas, em geral de baixa condição socioeconômica, com diagnóstico de periodontite, com a possibilidade de tratamento, porém sem fazê-lo. Este cuidado deve ser levado em consideração, mesmo sem confirmação da associação referida, por ser essa enfermidade caracterizada por infecção dos tecidos de suporte dos dentes, que produz sangramento, edema, halitose, mobilidade dentária e, ocasionalmente evolução dolorosa, seguidos de perda dentária.

Provavelmente, por essa razão ética, Gazolla *et al.* (2007) optaram por realizar um estudo quase-experimental, cujos grupos de comparação foram constituídos por: 1) gestantes com diagnóstico de periodontite que optaram por não serem tratadas e 2) gestantes com condição periodontal satisfatória. Entretanto, a grandiosidade e inexatidão da medida de associação detectados neste trabalho, representado pelo intervalo de confiança extremamente amplo, levantam a hipótese de que o mesmo duvida de sua própria validade interna.

Um delineamento experimental semelhante foi empregado por Cruz *et al*. (2010), que realizaram um estudo de intervenção no qual um grupo de 141 gestantes que receberam tratamento periodontal foi comparado com dois grupos controles: 145 gestantes sem periodontite (grupo controle 1) e 53 gestantes que não quiseram fazer o tratamento durante a gestação (grupo controle 2). Os autores observaram uma maior frequência de recém-nascidos com baixo peso no grupo não tratado, porém o tamanho reduzido deste grupo controle também prejudicou o poder do estudo.

Diante dos achados dos estudos acima referidos, embora a terapia periodontal tenha melhorado as condições periodontais nas gestantes e ter demonstrado ser uma intervenção segura para o período gestacional, a raspagem e alisamento da superfície radicular, com ou sem cuidado adjuvante, incluindo administração de antibióticos,

não reduziu globalmente as taxas de PBPN. Do exposto, acredita-se que a saúde bucal e periodontal em particular, deve ser mantida ou re-estabelecida em mulheres grávidas, com especial atenção para redução da carga microbiana periodontal, no intuito de diminuir a resposta inflamatória do hospedeiro. No entanto, resultados disponíveis não fornecem evidências clínicas, microbiológica ou imunológica, nas quais os subgrupos de doentes teriam diminuição dos resultados adversos da gravidez melhorados com o tratamento periodontal (SANZ e KORNMAN, 2013).

RESPOSTA IMUNE HUMORAL – O PAPEL PROTETOR DA PRODUÇÃO DE ANTICORPOS CONTRA PATÓGENOS PERIODONTAIS.

A resposta imune humoral é mediada por anticorpos secretados, cuja função fisiológica é a defesa contra microorganismos extracelulares e toxinas microbianas. Os tipos de microorganismos que são combatidos pela imunidade humoral são bactérias extracelulares, fungos e mesmo microorganismos intracelulares obrigatórios, como os vírus, os quais são alvos de anticorpos antes de infectarem as células ou quando são liberados por células infectados (ABBAS *et al.*, 2008).

Os anticorpos são um grupo de proteínas séricas produzidas pelos linfócitos B. A ativação das células B e sua diferenciação em células secretoras é desencadeada pelo antígeno e habitualmente requer células T auxiliares. As células T auxiliares controlam a troca de isotipo e são responsáveis por conduzir a maturação de afinidade de anticorpos, que ocorrem durante o andamento de uma resposta imune humoral. Assim, os linfócitos T são os efetores da resposta mediada por células, enquanto que os anticorpos (imunoglobulinas) são os responsáveis pela resposta humoral (ABBAS *et. al.*, 2008).

Os anticorpos contribuem para a imunidade neutralizando os patógenos, tais como, vírus e bactérias intracelulares que se disseminam de uma célula a outra se ligando a moléculas específicas na superfície de suas células alvo, ao se ligarem aos mesmos; esse processo também

é importante na proteção contra toxinas bacterianas. Bactérias extracelulares proliferam-se fora da célula e os anticorpos atuam principalmente facilitando a sua captação pelas células fagocíticas, que são especializadas em destruir as bactérias ingeridas. Os anticorpos que se ligam à superfície do patógeno são reconhecidos por receptores Fc específicos das células fagocíticas. Esse mecanismo de facilitação é chamado de opsonização. A ligação de anticorpos à superfície do patógeno também pode ativar as proteínas do sistema complemento que opsonizam por ligação aos receptores de complemento no fagócito (JANEWAY *et al.*, 2000).

As imunoglobulinas são importantes fatores de defesa presentes na saliva e, consequentemente, promovem proteção ao periodonto. Níveis elevados de IgG sérica anti-*Porphyromonas gingivalis* têm sido encontrados em indivíduos com periodontite. O nível sérico de IgG está diretamente relacionado à gravidade da doença medida por meio de parâmetros clínicos como profundidade de sondagem e a extensão e gravidade do sangramento à sondagem (OFFENBACHER *et al.*, 2007) e parece haver uma relação direta entre os níveis séricos de IgG anti-Porphyromonas gingivalis e a colonização subgengival por essa bactéria. Os níveis séricos de IgA, IgM e IgE anti-*Porphyromonas gingivalis* são mais elevados em indivíduos doentes do que naqueles sadios e, mesmo após o término do tratamento periodontal, os níveis de IgG específica para *Porphyromonas gingivalis* mantêm-se elevados, tanto no soro quanto no fluido gengival (SEEMANN *et al.*, 2004).

A IgA é, quantitativamente, a mais importante das imunoglobulinas, tendo uma taxa de síntese maior do que todas as outras imunoglobulinas em conjunto, sobretudo quando se considera a IgA-secretora e IgA circulante. A IgA é a imunoglobulina predominante em superfícies mucosas, onde neutraliza a ação de microrganismos, facilita sua fagocitose e destruição, impedindo assim a instalação do processo infeccioso (MILETIC *et al.*, 1996).

A predominância de IgA em membranas secretoras leva à especulação de que sua principal função não deve ser apenas de destruir o

antígeno, mas sim evitar o seu acesso ao interior do organismo, impedindo assim a instalação do processo infeccioso (CHALLACOMBE, 1995). Outros estudos detectaram na saliva de indivíduos com periodontite títulos de IgA e IgG significativamente maiores naqueles tratados em comparação àqueles controles não tratados (HÄGEWALD *et al*., 2003; BRANCO-DE-ALMEIDA *et al*., 2011).

As variáveis que fornecem uma avaliação da infecção bucal afetando à unidade feto-placentária, caracterizam-se pela presença e níveis de microrganismos nos tecidos materno-fetais, microbiota presente tanto no líquido amniótico, como no sangue do cordão umbilical, placenta, membranas fetais, tecidos fetais (natimorto), presença de títulos de anticorpos de microrganismos orais no soro materno (todos os isotipos) e no sangue do cordão fetal (IgM).

Já as variáveis que fornecem uma avaliação da resposta inflamatória, com relevante potencial de efeito adverso na estrutura fetal-placentário, constituem os biomarcadores inflamatórios no soro materno (IL-6, TNFα, PCR). Os biomarcadores inflamatórios encontrados no sangue do cordão podem incluir IL-6, PGE2, TNFα, e 8-isoprostano, sendo este último, produto do estresse oxidativo. Biomarcadores inflamatórios encontrados no líquido amniótico podem incluir metaloproteinases (2,3,8,9,13), a fibronectina, a-fetoproteína, IL-6, TNFα, interleucina 1 (IL-1) e 8-isoprostano (SANZ e KORNMAN, 2013).

Com base na frequência de detecção e no desenvolvimento de microorganismos e/ou os seus respectivos anticorpos, em casos de desfechos gestacionais indesejáveis, tanto em estudos em animais como em humanos, pode-se indicar os principais patógenos relacionados a estas complicações: *Fusobacterium nucleatum*, *Campylobacter rectus*, *Porphyromonas gingivalis* e Ergeyella sp.

Anticorpos IgM foram detectados no sangue do cordão umbilical de casos de nascimento pré-termo, onde aproximadamente 1/3 dos prematuros possuíam na análise do plasma, anticorpos IgM para bactérias orais. Anticorpos IgM para *Campylobacter retus* fo-

ram detectados em sangue do cordão umbilical, constituindo-se o melhor preditor de resultados adversos na gravidez. Estruturas de *Porphyromonas gingivalis* foram detectadas em tecidos placentários de pré-termo. Bergeyella sp. foram detectadas em líquido amniótico e sangue do cordão umbilical em casos de parto prematuro (SANZ e KORNMAN, 2013).

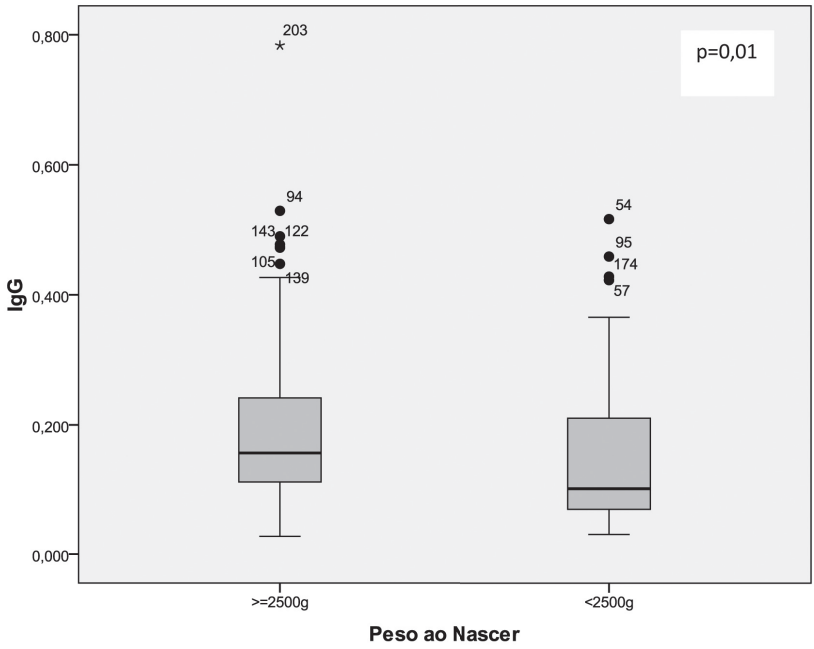
A resposta imune humoral sérica foi avaliada em puérperas atendidas em hospital da rede de serviço de saúde pública do município de Feira de Santana-Bahia, Brasil (2011). Dois grupos foram formados: 201 mulheres – 56 (27,86%) compuseram o **grupo de mães de recém-nascidos com peso < 2.500g** e 145 (72,14%) o **grupo de mães de recém-nascidos com peso ≥ 2.500g**. Em uma análise preliminar foi observada uma associação positiva forte (OR: 4,4; p=0,00) entre a presença de periodontite e o desfecho gestacional peso ao nascer inferior a 2500g. Esses achados são suportados por vários outros estudos publicados que encontraram a referida associação (KHADER *et al.*, 2009, CRUZ *et al.*, 2009, RADNAI *et al.*, 2009, CRUZ *et al.*, 2010, RAKOTO-ALSON *et al.,* 2010, HEIMONEN *et al.,* 2009). No entanto, o principal achado deste estudo demonstrou que mães que tiveram bebês com peso ao nascimento igual ou superior a 2500g apresentavam níveis séricos estatisticamente significantes de IgG anti-*Porphyromonas gingivalis* (p=0,006), como demonstrado na Figura 1.

Sabe-se que este patógeno tem um papel extremamente relevante no início e progressão da periodontite (SOCRANSKY *et al.*, 1998), com fatores de virulência, tais como o lipopolissacarídeo (LPS) (HIRSCHFELD *et al.*, 2001; UNDERHILL e OZINSKY, 2002; COATS *et al.,* 2003; DARVEAU et al., 2004; ASAI *et al.*, 2005; TIETZE *et al.*, 2006), fímbrias (NAGANO *et a*l, 2012) e proteínas captadoras de ferro (OLCZAK *et al.,* 2008) que podem alterar a resposta imune do hospedeiro (TRINDADE *et al,* 2012a) e induzir a produção de citocinas e de anticorpos (TRINDADE *et al*, 2012b).

A maioria dos estudos encontrados na literatura demonstra que níveis de anticorpos anti-*Porphyromonas gingivalis* em indivíduos com

diagnóstico de periodontite encontram-se elevados, em comparação com aqueles que não apresentam a doença (FRANCA *et al.,* 2003; TRINDADE *et al.,* 2008; TRINDADE *et al.,* 2012)

Figura 1 – Níveis de anticorpos IgG específicos para *Porphyromonas gingivalis* **nos grupos de mães de recém-nascidos com peso < 2.500g (GRUPO A) e mães de recém-nascidos com peso ≥ 2.500g (p=0,006).**



Desse modo e diante das evidências incipientes do estudo acima referido, os achados sinalizam que a podução de IgG em resposta à infecção periodontal por *Porphyromonas gingivalis* tem um papel protetor na relação entre a periodontite materna e o nascimento de bebês com baixo peso. Esta resposta humoral sérica não representa uma infecção ativa e permanece mesmo após o tratamento periodontal, que deve ser efetuado, preferencialmente, em período anterior à gestação, como parte do seu planejamento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A despeito da complexidade em se realizarem tipos de estudos que possam elucidar os questionamentos acerca das associações levantadas, é imprescindível que se promovam novas pesquisas em larga escala, bem delineadas, com rigor metodológico, com avaliação de mecanismos biológicos confirmatórios, citando como exemplo, estudos multicêntricos para confirmação de tal associação (VERGNES e SIXOU, 2007).

Apesar dos achados decorrentes dos estudos sobre a temática periodontite e PBPN não possibilitarem concluir definitivamente que infecções bucais podem motivar episódios e/ou complicações obstétricas, o cuidado com a saúde bucal da gestante não poderá ser negligenciado durante o acompanhamento pré-natal e, preferencialmente pré-concepcionais. Deve-se estimular que todas as gestantes atentem para sua condição bucal, com cautela na manutenção da higienização, observando a presença de sangramento gengival, dor e mobilidade dentária. O acompanhamento odontológico regular da gestante pode propiciar que o cuidado com a saúde bucal, de forma mais eficiente, evite possíveis influências de afecções bucais acerca de sua saúde como um todo. Espera-se que estudos futuros venham confirmar essa relação de influência da periodontite na PBPN, e, assim, o exame da condição bucal, com ênfase nos tecidos periodontais, seja introduzido ao atendimento pré-natal e, preferencialmente pré-concepcional, para que as medidas de cuidado e prevenção sejam adotadas.

REFERÊNCIAS

ABBAS, A K; LICHTMAN, A. H; PILLAI, S. Imunologia celular e molecular. 6 ed. Rio de Janeiro, RJ: **Elsevier**. 564 p. 2008.

ASAI, Y.; HASHIMOTO, M.; FLETCHER, H.M.; MIYAKE, K.; AKIRA, S.; OGAWA, T. Lipopolysaccharide preparation extracted from Porphyromonas gingivalis lipoprotein-deficient mutant shows a marked decrease in toll-like receptor 2-mediated signaling. **Infect Immun**, v. 73, p. 2157-63, 2005.

BAKER, P.J. The role of immune responses in bone loss during periodontal disease. **Microb Infect**. v. 2, p. 1181-1192, 2000.

BARROS, B.M.; MONTEIRO, B.; MOLITERNO, L.F. Seria a doença periodontal um novo fator de risco para o nascimento de bebês prematuros com baixo peso? **Rev Bras Odontolol.** v. 58, p. 256-60, 2001.

BENAKANAKERE, M.; KINANE, D.F. Innate cellular responses to the periodontal biofilm. **Front Oral Biol**. v. 15, p. 41-55, 2012.

BORREU, L.N. et al. Social factors and periodontitis in na older population. **American Journal of Public Health**. v. 94, p. 748-754, 2004.

BRANCO-DE-ALMEIDA, L.S.; ALVES, C.M.C.; LOPES, F.F.; PEREIRA, A.F.V.; GUERRA, R.N.M.; PEREIRA, A.L.A. Salivary IgA and periodontal treatment needs in diabetic patients. **Braz Oral Res.** v. 25, n.6, p. 550-555, 2011.

BRAZ, M.B.; MONNERAT, A.B.L.; BORREGO, J.; ROEDER, E.C.; VASCONCELLLOS, M. Correlacão entre patologias periodontais e intercorrências obstétricas / Correlation between periodontal diseases and pregnancy complications. **Rev. Ginecol**. Obstet., v. 11, n. 3, p. 196-201, 2000.

CHALLACOMBE, S.J. Assessing mucosal humoral immunity. **Clin Exp Immunol**. v. 100, p. 181-182, 1995.

COATS, S.R.; REIFE, R.A.; BAINBRIDGE, B.W.; PHAM, T-T. T.; DARVEAU, R.P. Porphyromonas gingivalis lipopolysaccharide antagonizes Escherichia coli lipopolysaccharide at toll-like receptor 4 in human endothelial cells. **Infect Immun**. v. 71, n.12, p. 6799-6807, 2003.

CRUZ, S.S.; COSTA, M.C.; GOMES-FILHO, I.S.; BARRETO, M.L.; SANTOS, C.A.; MARTINS, A.G., PASSOS, J.S, FREITAS. CO, SAMPAIO, F.P.; CERQUEIRA, E.M. Periodontal therapy for pregnant women and cases of low birthweight: an intervention study. **Pediatr Int**. v. 52, p. 57-64, 2010.

CRUZ, S.S.; COSTA, M.C.N.; GOMES-FILHO, I.S.; VIANNA, M.I.; SANTOS, C.T. Doença periodontal materna como fator associado ao baixo peso ao nascer. **Revista de Saúde Pública**. v. 39, p. 782-787, 2005.

CRUZ, S.S.; COSTA, M.D.A.C, GOMES-FILHO, I.S.; REZENDE, E.J.; BARRETO M.L.; SANTOS, C.A.; et al. Contribution of periodontal disease in pregnant women as a risk factor for low birth weight. **Community Dent Oral Epidemiol**. v. 37, p. 527-33, 2009.

DARVEAU, R.P.; PHAM, T-T. T.; LEMLEY, K.; REIFE, R.A.; BAINBRIDGE, B.W.; COATS SR, et al. *Porphyromonas gingivalis* lipopolysaccharide contains multiple lipide A species that functionally interacts with both toll-like receptor 2 and 4. **Infect Immun**. v. 72, p. 5041-51, 2004.

DASANAYAKE, A.P. Poor periodontal health of the pregnant woman as a risk factor for low birth weight. **Ann Periodontol**. v. 3, p. 206-212, 1998.

DAVENPORT, E.S.; WILLIAMS, C.E.; STERNE, J.A.; SIVAPATHASUNDRAM, V.; FEARNE, J.M.; CURTIS, M.A. The east london study of maternal chronic periodontal disease and preterm low birth weight infants: study design and prevalence data. **Ann Periodontol**. v. 3, p. 213-21, 1998.

GAZOLLA, C.M.; RIBEIRO, A.; MOYSÉS, M.R.; OLIVEIRA, L.A.N.; PEREIRA, L.J.; SALLUM, A.W. Evaluation of the incidence of preterm low birth weight in patients undergoing periodontal therapy. **J. Periodontol**., v. 78, n. 5, p. 842-848, 2007.

GENCO, R; OFFENBACHER, S.; BECK, J. Periodontal disease and cardiovascular disease – Epidemiology and possible mechanisms. **J. Am. Dent. Assoc**., v. 133, p. 145-225, 2002.

GIBBS, R.S. The relationship between infections and adverse pregnancy outcomes: an overview. **Ann Periodontol**. v. 6, p. 153-63, 2001.

GIGLIO, M.R.; LAMOUNIER, J.A.; MORAIS-NETO, O.L. Obstetric delivery and risk of neonatal mortality in Goiânia in 2000, Brazil. **Rev Saude Publica**. v. 39, p. 350-357, 2005.

GOLDENBERG, R.L.; HAUTH, J.C.; ANDREWS, W.W. Intrauterine infection and preterm delivery. **N Engl J Med**. v. 342, p. 1500-1507, 2000.

GOMES-FILHO, I.S.; SOLEDADE, K.R.; CRUZ, S.S.; PASSOS, J.S.; TRINDADE, S.C.; MACHADO, A.S.; BULLEN, I.R.F.R.; CERQUEIRA, E.M.M.; BARRETO, M.L.; SANTANA, T. C. ; COELHO,

J.M.F. Does periodontal infection have an effect on severe asthma in adults? **J Periodontol**. v. 85, p. 179-187, 2014.

GOMES-FILHO, I.S.; Oliveira, T.F.L.; CRUZ, S.S.; PASSOS, J.S. ; TRINDADE, S.C.; OLIVEIRA, M.T.; MACHADO, A.S.; CRUZ-FILHO, A.A.; BARRETO, M.L.; SEYMOUR, G. J. The Influence of Periodontitis in the Development of Nosocomial Pneumonia: A Case Control Study. **J Periodontol**. p. 1-12, 2013.

HÄGEWALD, S.J.; FISHEL, D.L.; CHRISTAN, C.E.; BERNIMOULIN J.P.; KAGE, A. Salivary IgA in response to periodontal treatment. Eur J Oral Sci. v. 111. N.3, p. 201-208, 2003.

HEIMONEN, S. J.; JANKET, R.; KAAJA, L.K.; ACKERSON, P.; MUTHUKRISHNAN, J.H. MEURMAN. Oral inflammatory burden and preterm birth. **Journal of Periodontology**. vol. 80, no. 6, pp. 884–891, 2009.

HIRSCHFELD, M.; WEIS, J.J.; TOSHCHAKOV, V. et al. Signaling by toll-like receptor 2 and 4 agonists results in differential gene expression in murine macrophages. **Infect Immun**. v. 69, p. 1477-82, 2001.

JANEWAY, C.A. Imunobiologia: o sistema imunologico na saude e na doenca. 4.ed Porto Alegre: Artmed, 2000. 634p.

KHADER, L.; AL-SHISHANI, B.; OBEIDAT et al. Maternal periodontal status and preterm low birth weight delivery: a case-control study. **Archives of Gynecology and Obstetrics**, v. 279, p. 165–169, 2009.

LAINE, M.A. Effects of pregnancy on periodontal and dental health. **Acta Odontol Scand**. v. 60, p. 257-264, 2002.

LAPP, C.A.; THOMAS, M.E.; LEWIS, J.B. Modulation by progesterone of interleukin-6 production by gingival fibroblast. **J. Periodontion**. v. 66, p. 279-284, 1995.

LINDHE, J.; KARRING, T.; LANG, N.P. Fatores Modificadores, In: Tratado de Periodontia Clínica e Implantodontia Oral, 5ª edição. Rio de Janeiro, ed. Guanabara Koogan, 2010, cap. 12, p. 292-311.

LÓPEZ, N. J. et al. Periodontal therapy reduces the rate of preterm low birth weight in women with pregnancy-associated gingivitis. J. Periodontol. v. 76, n. 11, p. 2144-2153, 2005.

LÓPEZ, N. J.; SMITH, P. C.; GUTIERREZ, J. Periodontal therapy may reduce the risk of preterm low birth weight in women with periodontal disease: a randomized controlled trial. **J. Periodontol**. v. 73, n. 8, p. 911-914, 2002.

LOURO, P.M.; FIORI, H.H.; LOURO-FILHO, P.; STEIBEL, J.; FIORI, R.M. Doença periodontal na gravidez e baixo peso ao nascer. **J. Pediatr**. v. 77, p. 23-28, 2001.

MADIANOS, P.N.; BOBETSIS, Y.A.; OFFENBACHER, S. Adverse pregnancy outcomes (APOs) and periodontal disease: pathogenic mechanisms. **J Periodontol**. v. 84, p. 170-180, 2013.

MADIANOS, P.N.; LIEFF, S.; MURTHA, A.P.; BOGGESS, K.A.; AUTEN, R.L.; BECK, J.D.; OFFENBACHER, S. Maternal periodontitis and prematurity. Part II: Maternal infection and fetal exposure. **Ann Periodontol**. v. 6, p. 175-82, 2001.

MASCARENHAS, P.; GAPSIK,R.; AL-SHAMMARI,K. Influence of sex hormones on the periodontium. **J Clin Periodontol**, v. 30, p. 671-681, 2003.

MENEZES, A.M.; BARROS, F.C.; VICTORA, C.G.; TOMASI, E.; HALPERN, R.; OLIVEIRA, A.L. Risk factors for perinatal mortality in Pelotas, a southern city of Brazil, 1993. **Rev Saude Publica**. v. 32, p. 209-216, 1998.

MICHALOWICZ, B. S.; HODGES, J. S.; DIANGELIS, A. J.; LUPO, V. R.; NOVAK, M. J.; FERGUSON, J. E.; BUCHANAN, W.; BOFILL, J.; PAPAPANOV, P. N.; MITCHELL, D. A.; MATSEOANES, S.; TSCHIDA, P. A. Treatment of periodontal disease and the risk of preterm birth. **N. Engl. J. Med**. v. 355, p. 1885-94, 2006.

MICHALOWICZ, B.S.; HODGES, J.S.; NOVAK, M.J.; BUCHANAN, W.; DIANGELIS, A.J.; PAPAPANOU, P.N.; et al. Change in periodontitis during pregnancy and the risk of pre-term birth and low birthweight. **J Clin Periodontol**. v. 36, p. 308-314, 2009.

MILETIC, I.D.; SCHIFFMAN, S.S.; MILETIC, V.D.; SATTELY-MILLER, E.A. Salivary IgA secretion rate in young and elderly persons. **Physiol Behav**. v. 60, p. 243-248, 1996.

MINAGAWA, A.T.; BIAGOLINE, R.E.; FUJIMORI, E.; DE OLIVEIRA, I.M.; MOREIRA, A.P.; ORTEGA, L.D. Low birth weight and prenatal maternal conditions. **Rev Esc Enferm USP**. v. 40, p. 548-554, 2006.

MOIMAZ, S.A.S. et al. Periodontite materna e nascimento de bebes pré-termo ou de baixo peso – existe associação?. **Ciência Odontológica Brasileira**. v. 12, p. 61-69, 2009.

MOMBELLI, A; CASAGNI, F; MADIANOS, P.N. Can presence or absence of periodontal pathogens distinguish between subjects with chronic and aggressive periodontitis? A systematic review. **J Clin Periodontol**. v. 29, p. 10-21, 2002.

MOSS, K.L.; BECK, J.D.; OFFENBACHER, S. et al. Clinical risk factors associated with incidence and progression of periodontal conditions in pregnant woman. **J Clin Periodontol**. v. 32, p 492-498, 2005.

NAGANO, K.; HASEGAWA, Y.; ABIKO, Y.; YOSHIDA, Y.; MURAKAMI, Y.; et al. *Porphyromonas gingivalis* FimA Fimbriae: Fimbrial Assembly by fimA Alone in the fim Gene Cluster and Differential Antigenicity amongfimA Genotypes. **PLoS ONE**. v. 7, e43722, 2012.

NAGPAL, R.; YAMASHIRO, Y.; IZUMI, Y. The Two-Way Association of Periodontal Infection with Systemic Disorders: An Overview. Mediators Inflamm. 793898, 2015.

NASCIMENTO, M.B.; ISSLER, H. Breastfeeding in premature infants: in-hospital clinical management. **J Pediatr**. v. 80, p. 163-172, 2004.

NAUGLE, K.; DARBY, M.L.; BAUMAN, D.B.; LINEBERGER, L.T.; POWERS, R. The oral health status of individuals on renal dialysis. **Ann Periodontol**. v. 3, p. 197-205, 1998.

NEWNHAM, J.P.; NEWNHAM, I.A.; BALL, C.M.; WRIGHT, M.; PENNELL, C.E.; SWAIN, J.; DOHERTY, D.A. Treatment of periodontal disease during pregnancy: a randomized controlled trial. **Obstet Gynecol**. v. 114, p. 1239-1248, 2009.

OFFENBACHER, S. K.; KATZ. V.; FERTIK, G.; COLLINS, J.; BOYD, D.; MAYNOR, G.; MCKAIG, R.; BECK, J.. Periodontal infection as a possible risk factor for preterm low birth weight. **J. Periodontol**., v. 67, n. 10, p. 1103-1113, 1996.

OFFENBACHER, S.; JARED, H.L.; O´REILLY, P.G.; WELLS, R.S.; SALVI, G.E.; LAWRENCE, H.P.; et al. Potential pathogenic mechanisms of periodontitis-associated pregnancy complications. **Ann Periodontol**. v. 3, p. 233-250, 1998.

OFFENBACHER, S.; LIN, D.; STRAUSS, R.; MCKAIG, R.; IRVING, J.; BARROS, S.P.; MOSS, K.; BARROW, D.A.; HEFTI, A.; BECK, J.D. Effects of periodontal therapy during pregnancy on periodontal status, biologic parameters, and pregnancy outcomes: a pilot study. **J Periodontol**. v. 77, p. 2011-2024, 2006.

OFFENBACHER, S; BARROS, S.P; SINGER, R.E; MOSS, K; WILLIAMS, R.C; BECK, J.D. Periodontal disease at the biofilm-gingival interface. **J Periodontol**. v. 78, p. 1911–1925, 2007.

OLCZAK, T.; SROKA, A.; POTEMPA, J.; OLCZAK, M. *Porphyromonas gingivalis* HmuY and HmuR – further characterization of a novel mechanism of heme utilization. **Arch Microbiol**. v. 183, p. 197-210, 2008.

OLIVEIRA, A.M.S.D; MOREIRA, A.N.; OLIVEIRA, P.A.D.; COSTA, F.O.C. Doença periodontal materna e parto pré-termo e/ou baixo peso ao nascimento: revisão de literatura. **R. Periodontia**. v. 19, p. 21-31, 2009.

OPPERMANN, R.V.; WEIDLICH, P.; MUSSKOPF, M.L. Periodontal disease and systemic complications. **Braz. oral res**. v. 26, p. 39-47, 2012.

PASSANEZI. E.; BRUNETTI. M.C.; SANT'ANA. A.C.P.; Interação entre a doença periodontal e a gravidez. **Revista Periodontia**. v. 17, n.02, p. 32-38, 2007.

PISCOYA, M.D.B.V. Periodontite crônica materna e parto prematuro. 2010. 133 f. Tese (Doutorado) – CCS. Saúde da Criança e do adolescente. Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

RADNAI, M.; PáI, A.; NOVÁK, T.; URBÁN, E.; ELLER, J.; GORZÓ, I. Benefits of periodontal therapy when preterm birth threatnes. **J Dent Res**. v. 88, p. 280-284, 2009.

RAKOTO-ALSON, S.; TENENBAUM, H.; DAVIDEAU, J.L. Periodontal diseases, preterm births, and low birth weight: findings from a homogeneous cohort of women in Madagascar. **J Periodontol**. 2010.

RODRIGUES, V.P.; LIBÉRIO, S.A.; LOPES, F.F.; THOMAZ, E.B.F.A.; GUERRA, R.N.M.; GOMES-FILHO, I.S.; PEREIRA, A.L.A. Periodontal status and serum biomarkers levels in haemodialysis patients. **J Clin Periodontol**. v. 41, p. 862-868, 2014.

RUGOLO, L.M. Birth weight: a cause for concern over both the short and long terms. **J Pediatr**. v. 81, p. 359-360, 2005.

SANZ, M.; KORNMAN, K. Periodontitis and adverse pregnancy outcomes: consensus report of the Joint EFP/AAP Workshop on Periodontitis and Systemic Diseases. **J Periodontol**. v. 84, p. 164-169, 2013.

SCHADISH, W.R.; HEINSMAN, D.T. Experiments versus quasi-experiments: do they yield the same answer? **NIDA Res Monogr**. v. 170, p. 147-64. 1997.

SEEMANN, R; HAGEWALD, S.J; SZTANKAY, V; DREWS, J; BIZHANG, M; KAGE, A. Levels of parotid and submandibular/sublingual salivary immunoglobulin A in response to experimental gingivitis in humans. **Clin Oral Investig**. v. 8, p. 233–237, 2004.

TIETZE, K.; DALPKE, A.; MORATH, S.; MUTTERS, R.; HEEG, K.; NONNENMACHER, C. Differences in innate immune responses upon stimulation with gram-positive and gram-negative bacteria. **J Periodont Res**. v. 41, n.5, p. 447-454, 2006.

TRINDADE, S.C., Avaliação dos níveis séricos de anticorpos IgG e subclasses e IgA, reativos a Porphyromonas gingivalis em indivíduos com periodontites crônica e agressiva. Dissertação mestrado. 73f. 2005.

TRINDADE, S.C., OLCZAK, T, GOMES-FILHO, I.S., MOURA-COSTA L.F., VALE, V.L.C., GALDINO-NETO, M.O., SANTOS, H.A., CARVALHO-FILHO, P.C., SAMPAIO, G.P., XAVIER, M. T., SARMENTO, V.A., MEYER, R. *Porphyromonas gingivalis* antigens differently participate in the proliferation and cell death of human PBMC. **Archives of Oral Biology**. v. 57, p. 314–320, 2012.

TRINDADE, S.C.; OLCZAK, T.; GOMES-FILHO, I.S.; MOURA--COSTA, L.F.; CERQUEIRA, E.M.M.; GALDINO-NETO, M.; ALVES, H.; CARVALHO-FILHO, P.C.; XAVIER, M.T.; MEYER, R. Induction of interleukin (IL)-1b, IL-10, IL-8 and immunoglobulin G by *Porphyromonas gingivalis* HmuY in humans. **J Periodont Res**. v. 47, p. 27-32, 2012.

UNDERHILL, D.M.; OZYNSKY, A. Toll-like receptors: key mediators of microbe detection. **Current Opinion Immunol**. v. 14, p. 103-110, 2002.

VERGNES, J.N.; SIXOU, M. Preterm low birth weight and maternal periodontal status: a meta-analysis. Am J Obstet Gynecol. v. 196, p. 135. e1-e7. 2007.

VETTORE, M.V.; LEAL, M.; LEAO, A.T.; DA SILVA, A.M.; LAMARCA, G.A.; SHEIHAM, A.The relationship between periodontitis and preterm low birthweight. **J Dent Res**. v. 87, p. 73–78, 2008.

WINKLER, M. Role of cytokines and other inflammatory mediators. **BJOG**.v110, p. 118-123, 2003.

WINKLER, M.; KEMP, B.; FISCHER, D.C.; RUCK, P.; RATH, W. Expression of adhesion molecules in the lower uterine segment during term and preterm parturition. **Microsc Res Tech**. v. 60, p. 430-44, 2003.

ZAMBONATO, A.M.; PINHEIRO, R.T.; HORTA, B.L.; TOMASI, E. Risk factors for small-for-gestational age births among infants in Brazil. **Rev Saude Publica**. v. 38, p. 24-29, 2004.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NO CONTROLE DA DISSEMINAÇÃO DA DENGUE UTILIZANDO MODELOS COMPUTACIONAIS: Uma análise bibliográfica entre as técnicas utilizadas no período de 2010 a 2016

Marcio L. V Araújo
Aloísio Nascimento Filho
Stela Azevedo
Renelson R. Sampaio
Marcelo A. Moret
Hugo Saba

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NO CONTROLE DA DISSEMINAÇÃO DA DENGUE UTILIZANDO MODELOS COMPUTACIONAIS: Uma análise bibliográfica entre as técnicas utilizadas no período de 2010 a 2016

INTRODUÇÃO

A inovação pode ser dividida em invenção, quando se inventa algo que pode ser um aprimoramento de um produto ou processo existente, por exemplo, e inovação, quando se realmente inventa algo novo, inédito. Desde o início do século XX, este assunto já era discutido por Schumpeter, no início da revolução industrial, quando o mesmo afirmou: "uma invenção é uma ideia, esboço ou modelo para um novo ou melhorado artefato, produto, processo ou sistema. Uma inovação, no sentido econômico somente é completa quando há uma transação comercial envolvendo uma invenção e assim gerando riqueza" (SCHUMPETER, 1988).

Em áreas do conhecimento baseados em ciência, caso da área epidemiológica, o processo de inovação surge na cooperação e integração de diversos atores que trabalham dividindo experiências. No estudo discutido neste capítulo, analisa-se a dinâmica de inovação quanto a inserção de modelos computacionais no âmbito de pesquisas aplicadas ao controle da disseminação de epidemias, neste caso, a dengue. No que diz respeito aos aspectos empíricos, foi definido utilizar os trabalhos envolvidos no desenvolvimento de pesquisas no período de 2010 a 2016. Esta pesquisa tem como objetivo investigar e traçar comparações entre modelos computacionais utilizados no controle da disseminação da dengue, tanto para o vetor quanto para o vírus.

Segundo o Ministério da Ciência e Tecnologia do Ministério da Saúde (2010):

> Há carências de modelos que possam explicar a evolução da doença entre populações com variáveis demográficas semelhantes, mas que apresentam diferenças significativas na propagação viral. Além disso, necessita-se de explicações mais precisas sobre a interação do parasita com o vetor da dengue, bem como a fisiopatogenia, com evidências sólidas que possibilitem traçar perspectivas de incidência e re-infecção, principal razão dos casos hemorrágicos e, portanto, mais graves da doença.

Ainda segundo o Ministério da Ciência e Tecnologia do Ministério da Saúde (2010):

> A prova das necessidades inovadoras de descrição epidemiológicas da doença foi comprovada no lançamento da nova ferramenta para avaliar o risco de epidemias de dengue pelo Ministério da Saúde. Cinco critérios associados, incluindo o uso do LIRAa, serão utilizados como parâmetro para refletir informações mais precisas sobre o quadro da doença nas comunidades brasileiras. Grande parte dos projetos da Rede Dengue correlaciona-se aos interesses dos programas e políticas de saúde tutelados pelo Estado. Os conhecimentos gerados pela Rede Dengue oferecerão importante arcabouço para a evolução das iniciativas relacionadas ao combate e ao controle da dengue no território nacional.

A situação atual é que a dengue é um dos maiores problemas de saúde publica do país seguido pela Zika e a Chikungunya e, desta forma, surgem diversas pesquisas voltadas para o desenvolvimento de produtos, processos, invenções e inovações, visando contribuir com a erradicação desta doença. Faz-se necessário, em acréscimo, o aperfeiçoamento das tecnologias e táticas de controle existentes, já que a evolução da situação atual epidemiológica tem revelado baixa efetividade, objetivando aumentar a eficácia das ações de combate e prevenção. É importante registrar que não só o Brasil, mas diversas nações estão com dificuldades no controle desta infestação tão abrupta, causada pela dengue.

Este trabalho está dividido em uma seção que abordará as características da dengue, sua disseminação e números reais de contaminação, e outra seção que analisará modelos computacionais em trabalhos re-

centes de combate a esta epidemia. A contribuição desta produção está no apoio à criação de políticas públicas no Brasil, quanto ao combate da disseminação do vírus da dengue, colocando em voga a urgência no desenvolvimento de estratégias de controle epidemiológico.

A DENGUE E SUA DISSEMINAÇÃO NOS ÚLTIMOS ANOS

A dengue é uma típica doença febril infecciosa viral, das áreas tropicais e subtropicais do mundo, geralmente onde existem condições climáticas e socioambientais favoráveis para sua disseminação. Os sintomas, segundo a OMS (Organização Mundial de Saúde, 2012) aparecem 3-14 dias após a picada infectante. A transmissão não é diretamente de indivíduo-a-indivíduo e os sintomas variam de febre leve, a incapacitante febre alta, com forte dor de cabeça, dor atrás dos olhos, dores musculares e articulares, e erupção cutânea.

A dengue, por se tratar de uma arbovirose, pode ser transmitida por duas espécies de mosquitos (Aedes aegypti e Aedes albopictus) (Figura 1), mas seu principal vetor é o *Aedes aegypti que* também pode ser transmissor dos vírus da febre amarela urbana, Chikungunya e Zika. São dois tipos de dengue: Clássica e a Hemorrágica, sendo esta última, a forma mais grave da doença.

Os registros iniciais da doença no Brasil são do início do século XIX, acometendo principalmente o público urbano menos favorecido e escravos da zona rural. A primeira erradicação da dengue em conjunto com a febre amarela, foi realizada no Rio de Janeiro na primeira década do século XX por Oswaldo Cruz. A dengue foi reintroduzida no Brasil em 1976.

Existem quatro sorotipos diferentes da dengue agindo no país: DENV-1, DENV-2, DENV-3 e DENV-4. Segundo Brasil et al. (2015), foi recém-descoberto o novo sorotipo DENV-5, mas ainda sem notificações do mesmo no território brasileiro. Estes mosquitos, ao contrário do mosquito comum que pica somente a noite, picam durante o dia e a noite. Usualmente costumam picar nos primeiros

momentos da manhã e no final da tarde. A picada é imperceptível, pois no momento não é sentido dor e nem coceira.

O *Aedes aegypti* é muito parecido com um mosquito comum e inofensivo, tem o tamanho menor que um centímetro, coloração marrom ou preta e listras brancas no corpo e nas pernas. A proliferação do mesmo, se dá dentro ou nas proximidades de moradias (casas, apartamentos, galpões), em reservatórios onde se acumula água limpa (vasos de plantas, pneus velhos, cisternas, jarros etc.).

Figura 1 – Fotos de Mosquitos

Fonte: Sitio Dengue.org, 2015

O controle da dengue atualmente, por não existir uma vacina em uso, é através do combate da proliferação do mosquito transmissor, isto é, combatendo os focos de acúmulo de água, para que não se crie um ambiente favorável para a criação e reprodução do mosquito. A prevenção é a única defesa da sociedade, então deve-se aplicar o quanto antes medidas de controle.

A OMS considerando a dengue como um dos mais importantes problemas de saúde pública dos últimos anos, lançou a Estratégia Global para prevenção e controle da dengue, 2012-2020, baseados nos dados de 2010 (OMS, 2012). A estratégia lançada visa aplicar recentes avanços dos estudos dessa doença, como por exemplo, o desenvolvimento de vacinas e o aprendizado gerado pelos países no combate a este mal. O principal objetivo deste plano global é reduzir o peso da doença, diminuindo com isso a mortalidade em 50% e a morbidade em 25% até 2020. A OMS tem uma categorização que

indica que áreas com mais de 300 casos da doença por 100.000 habitantes é considerado cenário epidêmico.

O Ministério da Saúde do Brasil (2015) afirma que nos últimos 50 anos, a ocorrência aumentou em 30 vezes, com ampliação da expansão geográfica para novos países e, na década atual, para cidades menores e regiões rurais. Há uma estimativa que 50 milhões de infecções por dengue aconteçam anualmente e que cerca de 2,5 bilhões de indivíduos estão morando em países onde a dengue é endêmica. Esses dados corroboram com a observação de que as mudanças demográficas e sociais, tais como crescimento populacional, urbanização e transporte moderno contribuem para o aumento da incidência e expansão geográfica da dengue (SABA *et al*., 2014). Ainda segundo Saba em 2012 em todo o mundo, existiam aproximadamente 2,5 bilhões de pessoas em risco de infecção. É observado que nas Américas, a doença tem se espalhado com surgimentos periódicos, entre 3 a 5 anos. No Brasil, a difusão é continuada desde 1986, e o maior surto ocorreu em 2013, com quase 2 milhões de casos notificados no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN).

Segundo o Ministério da Saúde (2015) foi registrado até 28 de março de 2015, 460,5 mil casos de dengue no país. O aumento foi de 240,1% em relação ao mesmo período de 2014, quando foram registrados 135,3 mil casos da doença. E nas 12 primeiras semanas de 2015 foram confirmadas 132 mortes provocadas pela dengue, aumento de 29% em comparação com o ano de 2014 que registrou 102 óbitos. No mesmo período de 2013, houve registro de 278 mortes (-52%).

Devido à dificuldade inerente de controle destes mosquitos e, por conseguinte, a implantação de estratégias de vigilância, é que há um número significativo de morbidade e mortalidade devido a esta doença. Embora tenham sido feitos grandes esforços, não existem atualmente vacinas eficazes contra a dengue, *filariose* ou a malária, e tratamentos específicos estão disponíveis apenas para a malária e *filariose*. Portanto, a maneira mais eficaz de prevenir doenças transmitidas por vetores é controlar as populações de mosquitos (WILKE; MARRELLI, 2015).

Apesar de ser uma enfermidade com impacto importante para as políticas de saúde pública, existem questões sobre sua dinâmica de difusão que ainda não foram elucidadas, como é o caso da importância dos meios de transporte ou a rede de propagação entre os municípios (SABA *et al*., 2014). O entendimento do vírus da dengue, do agente difusor e das relações com o vetor são pontos importantes para o acompanhamento e tratamento epidêmico.

MODELOS COMPUTACIONAIS: ALGUMAS APLICAÇÕES NO CONTROLE E COMBATE DA DENGUE.

A aplicação da computação no controle e combate de epidemias é um forte aliado da sociedade, visto que amplia o potencial analítico de diversas áreas do conhecimento, no momento que produz resultados organizados e analisáveis, sobre dados e informações de tais epidemias, utilizando modelos computacionais que simulam como estas difundem-se, por exemplo, ou como iniciam.

Existem diversos modelos e modelagens computacionais que tem sido aplicados nas diversas áreas da ciência. Alguns exemplos como Gráfico Variável no Tempo (*Time Varyning Graphs*-TVG), Criticalidade Auto-Organizada (*Self Organized Criticality*-SOC), Inferência Bayesiana, Correlação Espaço Temporal, Análise de Redes Sociais são encontrados nos últimos anos em publicações científicas de grande importância.

Esta seção tem por objetivo elencar algumas publicações recentes, de forma exploratória, no período de 2010 a 2016, que tratam do tema de controle e combate da dengue utilizando análises computacionais. Para recuperar estudos relevantes, foram utilizados o Google Acadêmico, Boletins da Dengue, Biblioteca Virtual em Saúde, Web of Science, Researcherid, Mendeley e uma busca manual das listas de referências de artigos e trabalhos publicados no período especificado. O intuito é realizar uma pesquisa exploratória entre as referências destacadas, isto é, verificar o que foi realizado dentro de cada pesquisa para um mesmo modelo computacional.

Serão utilizados os modelos: TVG, SOC, Inferência Bayesiana, Correlação Espaço Temporal, Análise de Redes Sociais e Matemática dos Fractais. A seleção dos trabalhos, artigos, revistas, dissertações ou teses aqui utilizadas, foi meramente utilizando a soma de palavras, tais como: Dengue, Modelagem Computacional, Modelos Computacionais, Disseminação, Epidemia, Bioma.

GRÁFICO VARIÁVEL NO TEMPO (*TIME VARYNING GRAPHS*-TVG) NA ANÁLISE EPIDEMIOLÓGICA

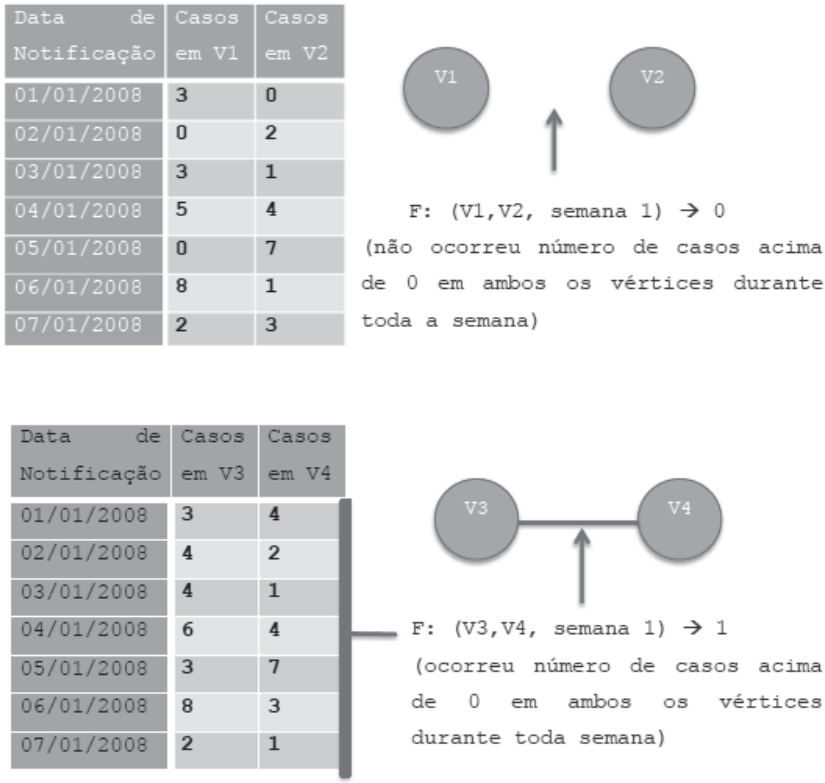
Na maioria das vezes, as redes variam com o tempo. Dessa forma, existem diversos trabalhos que identificam dificuldades quanto ao dinamismo comportamental destas redes. Assim, o modelo TVG define uma rede dinâmica como um grafo cujos nós, arestas ou seus pesos correspondentes variam no tempo.

Segundo Casteigts (CASTEIGTS *et al.*, 2012) um TVG é representado por um conjunto V de entidades (nós), um conjunto E de relações entre tais entidades (arestas) e um alfabeto L que representa qualquer propriedade que uma relação tal possa ter (rótulo); isto é, $E \subseteq V \times V \times L$. A definição de L é de domínio específico, e, consequentemente, é deixada em aberto - um rótulo pode representar, por exemplo, a intensidade da relação em uma rede social, um tipo de veículo numa rede de transporte, ou um meio em particular numa rede de comunicação; em alguns contextos, L pode estar vazio (e, assim, possivelmente omitido). Assume-se que L pode conter elementos multivalorados (por exemplo: largura de banda, tipo de enlace, disponibilidade de criptografia, entre outros).

Saba (2013) afirma que de modo simplificado, pode-se ilustrar o formalismo para dados epidemiológicos da dengue da seguinte forma: consideramos cada município como um vértice da rede (i.e. V1, V2, V3 e V4). Uma aresta entre dois nós da rede existirá sempre que o número de casos em ambos os municípios ultrapasse um valor específico (Ex.: 0) em todos os dias de uma semana epidemiológica (Figura 2). Então, o formalismo gráfico variável no tempo é aplicável

em redes dinâmicas, podendo ser aplicado para correlacionar casos de dengue ocorridos em municípios distintos.

Figura 2 – Grafo TVG Dengue



Fonte: SABA (2013)

Em outro trabalho mais recente, Saba e outros (2014a) traz o conceito de Redes de Correlação Variando no Tempo (TVCN) e a junção com TVG e o conceito de Redes Estáticas Agregadas (*Static Aggregated Networks*-SAN). A metodologia TVG aplicada neste trabalho mais atual insere o formalismo do modelo definindo um grafo como G (C, M), onde M é o conjunto de vértices da rede, e C é o conjunto de arestas que representa a existência de correlação significativa entre

o momento série avaliada entre cada vértice i e j, i e j com ∈ M e C ⊆ M × M. A TVCN é um sistema dinâmico, com um intervalo definido por T e podem, assim, ser formalizados como um gráfico de tempo variável G (H, C , F), em que F representa a função presença borda, F: C x T → {0,1}, o que representa a existência (1) ou a inexistência (0) de correlação entre as séries de tempo de um par de vértices numa Tempo dado. Outra maneira de entender a função presença F é que indica a existência de uma aresta C i, j num dado tempo t. Neste trabalho foi proposto um novo modelo, a Rede de Correlação de Casos da Dengue Variando no Tempo (TVCND) que utilizando os conceitos de TVG estudou as correlações de casos notificados da dengue em municípios do Estado da Bahia.

O uso do modelo TVG em estudos relacionados à dengue, na pesquisa realizada, só foi encontrado para um autor somente. Todavia, foram encontrados alguns estudos relacionando a dengue com a variação no tempo para sorotipos (DENV), como por exemplo, a pesquisa de Reiner (REINER *et al.*,2014). Quanto a utilização do TVG em outras esferas de pesquisa, houve um volume considerável encontrado.

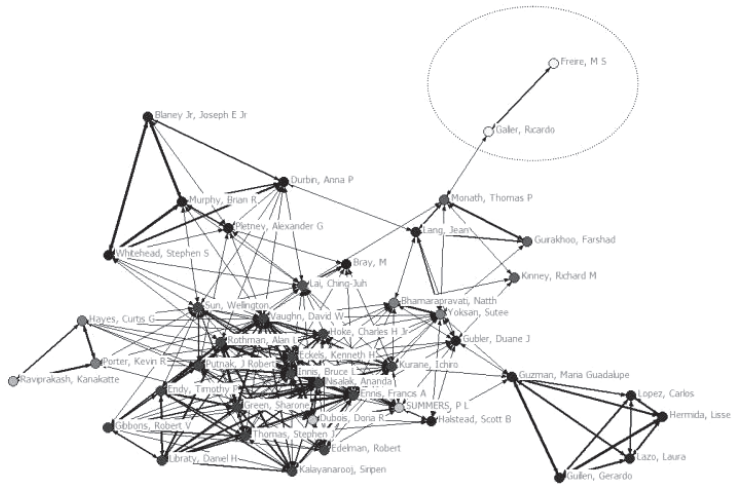
ANÁLISE DE REDES COMPLEXAS EPIDEMIOLÓGICAS DINÂMICAS

O conceito de redes sociais, atualmente, tem sido extremamente utilizado no domínio da informação em saúde. As análises de redes sociais (ARS) na transferência da informação, por exemplo, podem ser instrumentos úteis no estimulo das habilidades dos agentes envolvidos e no seu acesso às informações e à construção do conhecimento. O uso da ARS pode ser considerado um instrumento útil para fornecer informações técnicas à tomada de decisão na área de saúde e possibilitar a avaliação de políticas públicas.

As redes complexas tornaram-se predominantes na modelagem de sistemas biológicos nos anos 90 do século passado. Uma rede complexa é qualquer sistema que permite uma representação matemática por meio de um grafo, em que os nós e vértices, representam os elementos do sistema e suas relações.

Quanto a utilização do conceito de ARS no combate e controle da dengue, o trabalho de Rohem-Santos *et al.*, (2012) utilizou o conceito de ARS para avaliar a topologia das redes de P&D em vacinas para dengue e HPV. Mensurou-se a inserção nacional pela existência de coautoria/cotitularidade de artigos e patentes. Dados de patentes de diversas bases foram tratados onde matrizes de adjacência para correlação dos dados de interesse foram geradas, além da rede encontrada (Figura 4).

Figura 4 – Rede de autores de artigos relacionados a vacinas contra dengue.



Fonte: Rohem-Santos ***et al.***, (2012)

Em outro enfoque, o das redes complexas, o trabalho de Vilches (2015) tem o objetivo de estudar e comparar a dinâmica da transmissão da dengue em redes de diferentes topologias. Segundo o mesmo, o modelo de transmissão através de redes complexas considera diferentes graus de conectividade entre os indivíduos da população e por isso representa melhor as interações sociais. Observa-se que a dinâmica da transmissão da dengue depende fortemente da topologia da rede e do número médio de conexões, portanto medidas de con-

trole da doença devem ter um impacto diferente dada a diversidade das conexões entre os indivíduos de uma população.

A metodologia criada por Vilches (2015) baseado no conceito de redes complexas, tem como objetivo de estudar as infecções secundárias e a influência de um sorotipo de vírus sobre o outro. O modelo de transmissão através de equações diferenciais ordinárias (EDO) é homogêneo e misturado, ou seja, considera que todos indivíduos interagem da mesma maneira (encontro aleatório), porém na prática isso não ocorre numa população, já que dificilmente, em uma cidade por exemplo, todos os habitantes se conhecem ou interagem.

Na pesquisa de Ribeiro (2011) dois pontos relacionados ao meio no qual a infecção se dissemina foram investigados: o efeito da heterogeneidade da subdivisão de contatos entre os indivíduos da população e a interferência na renovação na população com a inserção de novos indivíduos suscetíveis ao longo do tempo. O tipo de grafo utilizado neste trabalho foi a rede Small World e mediu o impacto da renovação de população hospedeira sobre o processo de espalhamento de uma infecção em uma população. Os resultados mostraram que tanto a heterogeneidade da distribuição quanto a renovação são fatores importantes no processo de espalhamento e na persistência da infecção no sistema.

INFERÊNCIA BAYESIANA E SUA CONTRIBUIÇÃO NA ANÁLISE DOS DADOS DA DENGUE

Segundo Ehlers (2007) a utilização de informação a priori em inferência Bayesiana requer a especificação de uma distribuição a priori para a quantidade de interesse θ. Esta distribuição deve representar (probabilisticamente) o conhecimento que se tem sobre θ antes da realização do experimento.

O problema geral da inferência bayesiana consiste em calcular os valores esperados de funções particulares do parâmetro θ que resumem convenientemente a densidade a posteriori. A informação a priori, a respeito da interpretação dos parâmetros, pode ser expressa

utilizando-se prioris informativas ou prioris não informativas, caso não haja opinião sólida sobre os parâmetros do modelo; a primeira ideia de "não informação" a priori que se pode ter é pensar em todos os possíveis valores de q como igualmente prováveis, isto é, com uma distribuição a priori uniforme (PAULINO *et al*., 2003).

A Inferência Bayesiana e sua contribuição no combate e controle da dengue é demonstrada em alguns trabalhos como o de Malhão (2010) que investigou a ocorrência de sobremortalidade, de doenças infecciosas e parasitárias, durante as epidemias de dengue ocorridas na região metropolitana do Rio de Janeiro, em 2007 e 2008. Neste estudo, toda a inferência foi realizada sob o paradigma bayesiano e o logaritmo da população foi adicionado ao modelo como variável offset. A interpolação linear foi utilizada para obter o tamanho mensal da população. A estimação para os parâmetros incluiu estimativa pontual e por intervalo, sendo este um intervalo de credibilidade de 95%. Toda a inferência foi realizada sob o paradigma Bayesiano. O excesso de mortalidade foi calculado pela diferença entre o observado e o estimado pelo modelo.

No trabalho Costa e outros colaboradores (COSTA *et al*., 2013) a Inferência Bayesiana é utilizada na análise da distribuição espacial do risco de dengue e a sua relação com condições socioambientais no Município de Campinas, Estado de São Paulo, Brasil, no ano de 2007. Segundo resultados desta pesquisa, a distribuição espacial do risco de dengue não está associada a condições socioambientais para o grupo etário até 14 anos. Já acima de 14 anos, o risco relativo de dengue aumenta significativamente conforme aumenta o nível de carência socioambiental. A modelagem hierárquica bayesiana foi usada para modelar a distribuição espacial do risco relativo de dengue e explorar a associação com o índice de privação socioambiental.

Já na pesquisa de Brito (2012), a dengue em Pedro Leopoldo, município da região Metropolitana de Belo Horizonte, se destaca como uma das doenças mais notificadas. Desta forma, utilizou-se do índice de vulnerabilidade à saúde (IVS), que é um indicador composto que associa diferentes variáveis como saneamento, habitação, educação, renda e outros aspectos sociais e relacionados à saúde. Desta

forma, a existência de uma correlação entre as ocorrências da dengue e o IVS facilitaria a localização de pontos prioritários e estratégicos para a execução das ações de combate, tornando-as mais eficientes. Visando suavizar a flutuação da incidência, comum em pequenas áreas, e homogeneizar estas taxas, foi submetido os dados ao estimador bayesiano empírico local. Este estimador utiliza a média dos vizinhos como um fator de ponderação para a taxa de incidência do setor censitário. A fim de verificar possíveis correlações entre o IVS e as taxas de incidência e também entre taxas de incidência bayesianas, foi utilizado, neste trabalho, o teste de correlação de Spearman. Houve autocorrelação espacial significativa (Índice de Moran) entre as taxas bayesianas locais de incidência da dengue nos anos de 2009, 2010 e 2011 (Tabela 1)

Tabela 1 – Autocorrelação Espacial (índice de Moran) das Taxas de Incidência Bayesianas Locais em Pedro Leopoldo, MG, 2009-2011.

ANOS	Taxa de incidência Bayesiana Locai	
	Moran	Valor de *p*
2009	0,47	0,002
2010	0,38	0,003
2011	0,34	0,003

Fonte: Brito (2012)

CRITICALIDADE AUTO-ORGANIZADA APLICADA A PROPAGAÇÃO DA DENGUE NA BAHIA

As transformações inauguradas nos limites do pensamento científico da ciência antiga e medieval conceberam o modelo estrutural de uma nova concepção de mundo, de modo a auxiliar na construção das condições que tornaram possível o surgimento de um novo pensamente científico, intitulado de ciência moderna, calcado na matematização das representações dos eventos, que implicaram na constituição de uma nova concepção do real. E foram necessários mais de quatro séculos e

da genialidade de pessoas como Johannes Kepler, Nicolau Copérnico, Galileu Galilei Issac Newton, Albert Einstein e muitos outros para que muitos dos avanços se materializasse em nosso tempo. Ainda assim, a caminhada prossegue, mundo é heterogênio, compostos de várias de sistemas físicos, sociais e biológicos de elevada complexidade, que vem exigindo uma boa dose de transpiração, inspiração e inovação.

COMO UMA SIMPLES PILHA DE GRÃOS DE AREIA PODE REPRESENTAR TAMANHA COMPLEXIDADE?

Essa pergunta foi respondida com um modelo simples, proposto pelo físico dinamarquês Per Bak e seu grupo de trabalho (BAK *et al.*,1988), que abriram um novo campo de pesquisa, denominado *self-organized criticality* ou SOC, que tradução livre para o português: criticalidade auto-organizada. Esse novo campo foi modelado segundo os pilares da ciência dos sistemas complexos, que se preocupa com a dinâmica de sistemas abertos, onde seus componentes possuem características simples e previsíveis, em um contexto de conjunto de subunidades. De forma que o seu comportamento não tem nenhum relacionamento direto com as propriedades unitárias de cada parte integrante, sendo a imprevisibilidade sua maior característica (GLERIA *et al.,* 2004).

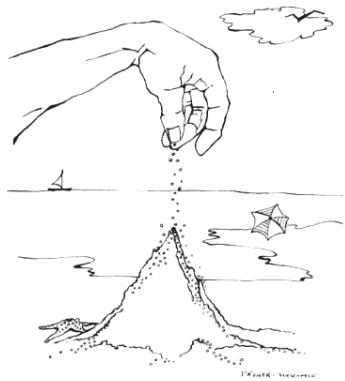
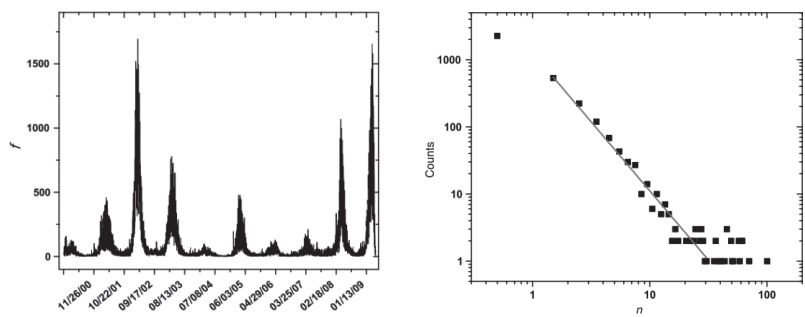


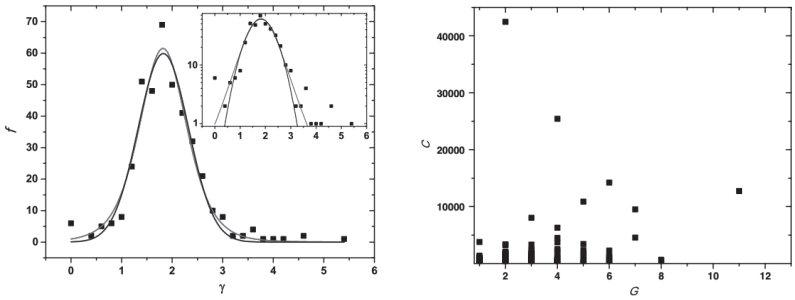
Figura 5: Imagem extraída de BAK (2013)

O novo paradigma de Per BAK e seu grupo estabeleceu as bases do SOC, a partir de modelo simples, avalanches em uma pilha de areia. Uma vez que esse simples sistema envolvendo grãos de areia, seria capaz de representar as unidades básicas, que por sua vez estabeleciam uma relação com o todo. Ao passo em que se estabelece uma única condição para o acontecimento de uma avalanche, que pode ter seu tamanho variado, conforme os seus deslizamentos. Tais deslizamentos ocorrerão sempre que a condição crítica estabelecida para o sistema for alcançada. A relação entre o tamanho das avalanches e a sua frequência obedece uma lei de potência. Entre estes incluem terremotos, a turbulência em líquidos, areia caindo através de uma ampulheta, os preços das ações, a evolução biológica entre outros (BAK,2013).

Saba e outros (SABA *et al.,*2014) demonstraram a partir de dados coletados sobre a dengue na Bahia, a evolução da dengue nas vinte cidades mais povoadas do estado da Bahia, aplicaram a abordagem SOC. Nesse trabalho foi avaliada a forma de como a dengue se distribui nessas cidades, analisando o grau de correlação entre dengue e rede de transporte. Além disso, nesse trabalho, os autores sugerem a utilização de modernos métodos matemático-computacional, como a entropia de Tsallis, bem como a análise da distribuição de dados não lineares. Na Figura 6, são demonstrados alguns das análises realizadas por Saba e seu grupo de pesquisa. Os achados nesse trabalho, propõe ao sistema de saúde do estado da Bahia uma ferramenta de apoio à gestão ancorada em técnicas do SOC.



(a) (b)



(c) (d)

Figura 6: No painel (a) apresenta a série temporal de novos casos (f) entre 1/1/2000 até 26/04/2009. O painel (b) mostra uma distribuição de casos de dengue para a cidade de Camaçari, no mesmo período de (a), que apresenta um comportamento que segue uma lei de potência (linha vermelha). Já no painel (c), é demonstra uma distribuição q-Gaussiana, indice de entropia originada da Tsallis Statistic (TS), aplicada aos dados de (a). E finalmente o gráfico no painel (d), apresenta uma relação entre a distribuição de transporte entre as 417 cidades do estado Bahia em função do número de novos casos de dengue.

AUTO-AFINIDADE NO COMPORTAMENTE SÉRIE TEMPORAL DA DENGUE NA BAHIA

> "Nuvens não são esferas, montanhas não são cones, continentes não são círculos, o som do latido não é contínuo e nem o raio viaja em linha reta."(Benoît Mandelbrot, *The Fractal Geometry of Nature*,1983).

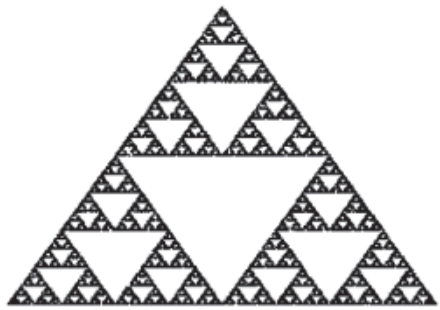
Nas últimas décadas, um novo paradigma de geometria vem permitindo a compreensão e a possibilidade de reconstruir as complexidades da natureza, estendendo-se desde os aspectos macroscópicos das nuvens, até aspectos microscópicos de sistemas de partículas atômicas.

Durante séculos os objetos e os conceitos da geometria Euclidiana foram considerados como os que melhor descreviam o mundo em que vivemos. O homem observou a natureza concebendo conceitos de formas, planos, corpos, volumes, retas e curvas. A lua e o sol foram representados como esferas; o raio de luz deu a idéia de linha

reta; as margens de algumas folhas e o arco-íris a idéia de curva. Benoit Mandelbrot, matemático polonês, que quebrando o paradigma matemático de classificação das formas, introduziu o termo fractal em 1975. Ele contribuiu com um grande número de publicações que tratam da geometria e dos fenômenos observados em muitos campos da ciência. Além disso, ele estudou a geometria fractal de mudança de preços e distribuição de salários; da estatística de erros em mensagens telefônicas; de freqüências de palavras escritas em um texto; de vários objetos matemáticos e entre muitos outros assuntos. Após a publicação do seu livro The Fractal Geometry of Nature (MANDELBROT, 1983), o termo fractal passou então a caracterizar formas irregulares.Os fractais são conjuntos cuja forma é extremamente irregular ou fragmentada possuindo essencialmente a mesma estrutura em todas as escalas.

A auto-similaridade exata é uma abstração matemática. Na natureza não é possível encontrarmos objetos rigorosamente auto-similares, apenas em termos abstratos podemos conceber tal situação. No caso do triângulo de Sierpinski, Figura 7, verificamos uma auto-similaridade exata. No entanto através de algumas aproximações podemos dizer que um objeto é um fractal.

Figura 7: Triângulo ou Carpete de Sirpinski



Em muitos casos, existem fractais, que são igualmente formados por mini-cópias, mas estas não mantêm fixas as proporções originais.

Ao passarmos de uma escala para outra menor, observamos que os tamanhos destas cópias não diminuem uniformemente em todas as direções espaciais. Neste caso, os fractais são chamados de auto-afins. Por outro lado, dizemos que esta auto-afinidade é definida por suas características estatísticas, ou seja, são mantidas as propriedades estatísticas quando observada em diferentes escalas.

> "[...]. Na análise da morfologia de uma superfície, torna-se essencial o conceito de escala. Este conceito vem sendo utilizado pela mecânica estatística moderna para demonstrar os chamados comportamentos universais de escala, ou seja, mostrar que sistemas que aparentemente são diferentes apresentam um comportamento de escala em comum. Existem, portanto, certas "leis de escala" que são básicas e independentes de muitos detalhes desses sistemas. Assim, se imergirmos cuidadosamente um papel toalha num recipiente de café e analisarmos o perfil da interface, encontraremos certos expoentes de escala ligados à rugosidade que são os mesmos encontrados se variarmos certos parâmetros da experiência, como tipo de papel, concentração do café, ou mesmo se trocarmos este por tinta. Essas mudanças não interferem, então, nas propriedades de escala do perfil. [...]" (CRUZ, 2000).
>
> Em Cruz (2000) é abordado o conceito de Classes de Universalidade. Onde a caracterização de sistemas através de expoentes globais leva à definição de classes de universalidade: dois sistemas pertencem à mesma classe universal se podem ser descritos pelo mesmo expoente de escala. Em outras palavras, este tipo de descrição é uma tentativa de evidenciar novas "simetrias" embutidas em sistemas aparentemente distintos. Espera-se que sistemas pertencentes à mesma classe de universalidade possam ser descritos por leis de formação semelhantes.

Machado Filho e outros pesquisadores (MACHADO FILHO,2015) avaliaram o comportamento dos casos de dengue, bem como a sua complexidade nos grandes centros urbanos analisaram a dinâmica temporal dos casos de dengue para três biomas do estado da Bahia. Para tanto, os pesquisadores avaliaram as propriedadesde escala da série temporal dos casos de dengue na Bahia utilizando o método de análise do coeficiente de correlação cruzada sem tendência

ρDCCA (Detrended Cross-correlation Analysis), método proposto por Zebende (ZEBENDE,2011). O método ρDCCA, destina-se à estimação do coeficiente de correlação cruzada em diferentes escalas de tamanho *n*, cujo coeficiente possui campo de variação de seu coeficiente [-1 a 1]. Em que -1 representa anticorrelação perfeita e 1 correlação perfeita. E a valor do ρDCCA(n) igual a zero significa que não existe correlação cruzada entre os sinais.

Tabela 1: Municípios da Bahia contemplados na pesquisa, com seus respectivos biomas

Município	Bioma	Símbolo
Barreiras Cerrado	Cerrado	BAR
Santa Maria da Vitória	Cerrado	SMV
Santana	Cerrado	SAN
Jacobina	Caatinga	JAC
Juazeiro	Caatinga	JUA
Irecê	Caatinga	IRE
Itabuna	Mata Atântica	ITA
Salvador	Mata Atântica	SSA
Porto Seguro	Mata Atântica	PSE

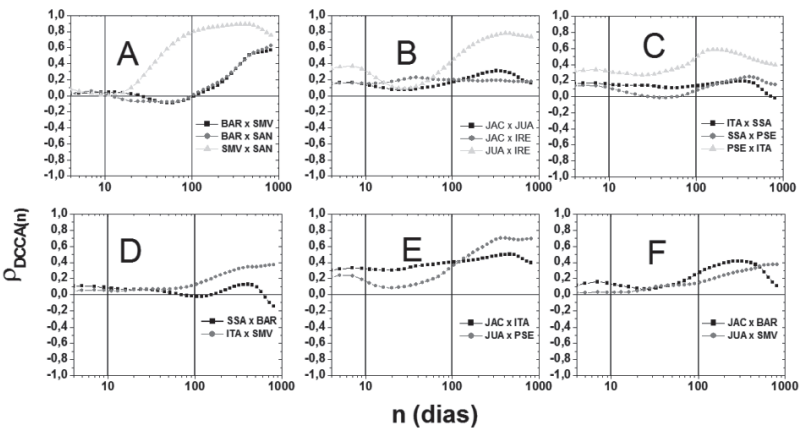


Figura 8: ρDCCA(n) nos casos de registros diários de dengue em alguns municípios baianos. A-Cerrado B-Caatinga C-Mata Atlântica D (Cerrado x Caatinga) E (Caatinga x Mata Atlântica) F (Caatinga xCerrado) - 05/01/2000 a 30/04/2009.

Nesse trabalho os resultados da utilização do método ρDCCA apresentaram um coeficiente de correlação cruzada positiva, principalmente, para grandes escalas de tempo ($n \geq 100$). O que quer dizer que para grandes escalas de tempo o fator bioma não é relevante para as flutuações da série temporal da dengue, considerando os dados analisados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O controle da dengue atualmente é um problema mundial, já que atinge diversas regiões sem escolha específica. Como já foi discutido, o processo de inovação surge na cooperação e integração de diversos atores que trabalham dividindo experiências. Seguindo este paradigma, a modelagem computacional surge como um desses atores inerentes no processo inovador de capacitação tecnológica da sociedade científica em busca de respostas a problemas sociais. O controle e combate epidêmico e endêmico de um vírus é papel de todas as áreas do conhecimento, visto que, visa aumentar a expectativa de vida da população afetada. Desta forma, a utilização de modelos computacionais incrementam a capacidade e combate destas epidemias reforçando as características, por exemplo, da difusão das mesmas.

REFERÊNCIAS

BAK, Per; TANG, Chao; WIESENFELD, Kurt. Self-organized criticality. Physical review A, v. 38, n. 1, p. 364, 1988.

BAK, Per; TANG, Chao; WIESENFELD, Kurt. Self-organized criticality: An explanation of the 1/f noise. Physical review letters, v. 59, n. 4, p. 381, 1987.

BAK, Per. How nature works: the science of self-organized criticality. Springer Science & Business Media, 2013.

BRASIL, L. M., GOMES, M. M. F., MIOSSO, C. J., DA SILVA, M. M., & AMVAME-NZE, G. D. (2015). Web platform using digital image processing and geographic information system tools: a Brazilian case study

on dengue. BioMedical Engineering OnLine, 14(1), 69. doi:10.1186/s12938-015-0052-2

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. Guia de Vigilância em Saúde / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília : Ministério da Saúde, 2014. 812 p. Modo de acesso: ISBN 978-85-334-2179-0

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Informe Epidemiológico da Dengue/Análise de situação e tendências. Brasília; 2010.

BRASIL. DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, SECRETARIA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INSUMOS ESTRATÉGICOS, MINISTÉRIO DA SAÚDE, Rede Dengue: inovação da abordagem e da gestão em pesquisa à saúde. (2010). Revista de Saúde Pública, 44(6), 1159–1163. doi:10.1590/S0034-89102010000600024

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Informe Epidemiológico da Dengue. Brasília; 2015.

BRITO, R. L. (2012). Relação entre o índice de vulnerabilidade a saúde e a distribuição espacial da dengue em Pedro Leopoldo - MG, 2009 a 2011. UFMG. Retrieved from http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/SMOC-9HAGBP

CASTEIGTS, ARNAUD, et al. "Time-varying graphs and dynamic networks."International Journal of Parallel, Emergent and Distributed Systems 27.5 (2012): 387-408.

COSTA, J. V., DONALISIO, M. R., & SILVEIRA, L. V. DE A. (2013). Spatial distribution of dengue incidence and socio-environmental conditions in Campinas, São Paulo State, Brazil, 2007. Cadernos de Saúde Pública, 29(8), 1522–1532. doi:10.1590/0102-311X00110912

CUNHA, RAFAEL GARCIA; FONSECA, ANA BEATRIZ MONTEIRO. A epidemia de dengue em 2007-2008 no Município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil: uma investigação de seus padrões espaciais e temporais. 19o SINAPE-Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística, p. 1-6, 2010.

EHLERS, R. S. (2007). Introdução à inferência Bayesiana (Vol. 68).

GLERIA, Iram; MATSUSHITA, Raul; SILVA, S. da. Sistemas complexos, criticalidade e leis de potência. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 26, n. 2, p. 99-108, 2004.

MALHÃO, THAINÁ ALVES. Sobremortalidade durante epidemia de dengue. Regiao Metropolitana do Rio de Janeiro, 2007-2008. Diss. Dissertaçao de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

NUNES, Fabrizia Gioppo. Abordagem bayesiana na epidemiologia espacial de notificações de casos de dengue no Estado de Goiás (2013).

OMS. Global strategy for dengue prevention and control 2012-2020; 2012 . ISBN 978 92 4 150403 4.

PAULINO, C. D.; TURKMAN, M. A. A.; MURTEIRA, B. estatística bayesiana Fundação Clouste Gulbenkian Lisboa. 2003.

RIBEIRO, D. R. V., & ZARA, R. A. (2011). Simulação de um modelo epidemiológico com renovação de população em redes Small World.

REINER, R. C., STODDARD, S. T., FORSHEY, B. M., KING, A. A., ELLIS, A. M., LLOYD, A. L., … SCOTT, T. W. (2014). Time-varying, serotype-specific force of infection of dengue virus. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 111(26), E2694–702. doi:10.1073/pnas.1314933111

ROHEM-SANTOS, PRISCILA; CHAMAS, CLAUDIA INÊS; MOREL, CARLOS MEDICIS (2012). Vacinas para Dengue e Papilomavírus Humano: Avaliação da Topologia das Redes com Aplicação para Políticas Públicas de Inovação no Setor Vacinas no Brasil.

SABA, H., VALE, V. C., MORET, M. A., & MIRANDA, J. G. V. (2014). Spatio-temporal correlation networks of dengue in the state of Bahia. *BMC Public Health*, *14*(1), 1085. doi:10.1186/1471-2458-14-1085.

SABA, HUGO (2013). A Difusão da Dengue nos Municípios do Estado da Bahia (Tese). Universidade Federal da Bahia.

SCHUMPETER, J.A. A teoria do desenvolvimento econômico. São Paulo: Nova Cultural, 1988.

TSALLIS, Constantino. Possible generalization of Boltzmann-Gibbs statistics. Journal of statistical physics, v. 52, n. 1-2, p. 479-487, 1988.

VILCHES, T. N. [UNESP]. (2015). Modelos matemáticos e computacionais para descrever a transmissão de dois sorotipos de vírus de dengue. Universidade Estadual Paulista (UNESP). Retrieved from http://repositorio.unesp.br/handle/11449/132052

WILKE, A. B. B., & MARRELLI, M. T. (2015). Paratransgenesis: a promising new strategy for mosquito vector control. Parasites & Vectors, 8(1), 342. doi:10.1186/s13071-015-0959-2.

BIOPROSPECÇÃO DE PRODUTOS NATURAIS: Aplicações e inovações para a terapia do câncer

Hemerson Iury Ferreira Magalhães
Aníbal de Freitas Santos Júnior
Gleice Rayanne da Silva
José Roberto de Oliveira Ferreira
Hélio Vitoriano Nobre Júnior
Bruno Coelho Cavalcanti

BIOPROSPECÇÃO DE PRODUTOS NATURAIS: aplicações e inovações para a terapia do câncer

ASPECTOS GERAIS

Inovar é inerente às atividades do ser humano, desde os primórdios da humanidade. A interação com recursos naturais (animais, vegetais e minerais), bem como a utilização dos mesmos para satisfação de necessidades, datam de eras históricas. A capacidade adaptativa dos entes humanos frente à adversidades, tais como doenças, guerras, catástrofes ambientais, dentre outras, mostra o caráter empreendedor e inovador da vida.

Para Chaui (1997), a ciência é um conhecimento racional dedutivo, portanto, capaz de provar a verdade necessária e universal de seus enunciados e resultados, através de um o objeto científico, ou seja, uma representação intelectual universal, necessária e verdadeira das coisas representadas e corresponde à própria realidade, porque esta é racional e inteligível (Chaui, 1997, p. 252). Tecnologia pode ser definida como o campo de conhecimento que faz referência ao desenho de artefatos e à planificação da sua realização, operação, ajuste, manutenção e monitoramento, à luz do conhecimento científico (Lorenzetti *et al*, 2012). Sáenz e Capote (2002) definem inovação como a introdução de uma tecnologia na prática social, resultante de "uma combinação de necessidades sociais e/ou de demandas de mercado com meios científicos e tecnológicos para resolvê-las".

Em 1951, o Brasil investiu para o desenvolvimento e avanço em Ciência e Tecnologia, uma vez que foram criados o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), através da Lei nº 1.310, de 15 de Janeiro de 1951 e, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), através do Decreto nº 29.741, de 11 de julho de 1951. Neste cenário, um avanço significativo ocorreu no país e, em 1985, foi criado o Ministério da Ci-

ência e Tecnologia (MCT). O conhecimento científico-tecnológico, criativo e renovador são reconhecidos em nível do Governo Federal como um todo e, crescentemente, pela mídia e a sociedade em geral, como instrumento indispensável para o desenvolvimento socioeconômico harmônico e sustentável do Brasil.

Ciência, tecnologia e inovação são elementos-chave para o crescimento, a competitividade e o desenvolvimento de empresas, indústrias, regiões e países. Paralelamente, infere-se que também, influenciam a educação, a informação, acultura, os costumes e a saúde (Viotti, 2003). O Ministério da Saúde (MS), através da Portaria nº. 2.510/2005 destaca que tecnologias em saúde podem ser representadas por: medicamentos, materiais, equipamentos e procedimentos, sistemas organizacionais, educacionais, de informações e de suporte, e programas e protocolos assistenciais, por meio dos quais a atenção e os cuidados com a saúde são prestados à população (Brasil, 2005).

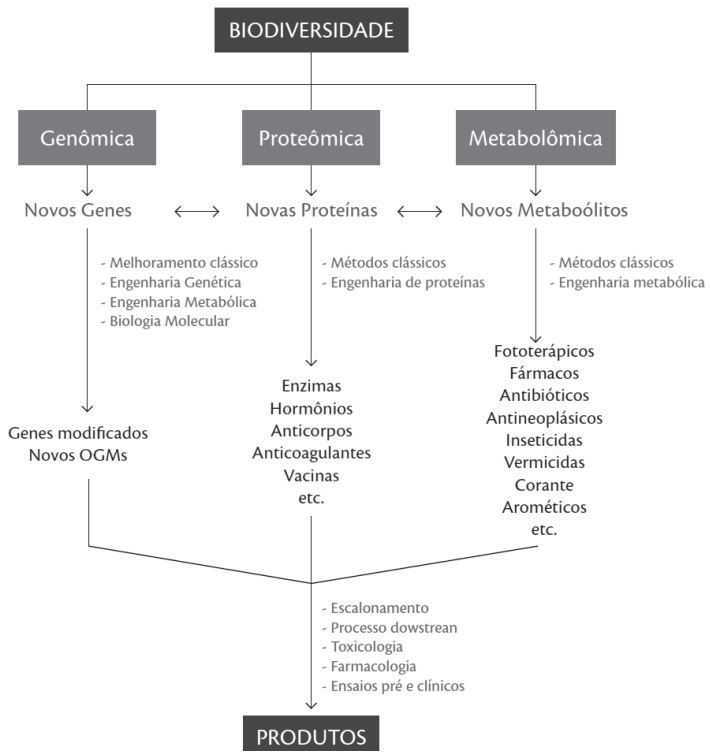
Os limites de separação entre ciência e tecnologia são cada vez menos plausíveis e as verdades da ciência se confundem com suas conquistas tecnológicas (Germano, 2011). Ciência e tecnologia são ferramentas essenciais para a obtenção de avanços para a saúde e o tratamento de doenças, bem como para a construção de políticas públicas essenciais para a qualidade de acesso aos serviços de saúde pela população, como por exemplo, parte integrante do Sistema Único de Saúde (SUS), em todos os níveis assistenciais de saúde. Destarte, a área de saúde, em geral, instrumento de oportunidades para o desenvolvimento técnico-científico e inovador associadas à produção de processos e produtos, em serviços públicos e privados.

A evolução das Ciências Médicas e da Saúde discorre de uma enriquecida discussão sobre as relações modernas entre pesquisa e inovação em saúde. As atividades inovadoras no setor saúde caracterizam-se por uma forte interação com o setor científico. Por um lado, a infraestrutura científica é origem de um fluxo de informações que apoia o surgimento de inovações que afetam a prática médica e a saúde: em linhas gerais, novos medicamentos, novos equipamentos, novos procedimentos clínicos, novas medidas profiláticas e novas

informações. Por outro lado, a prática médica e a atuação do setor saúde constituem-se de buscas de soluções de problemas, através de enorme e crescente repositório de questões, achados empíricos e práticas bem-sucedidas que precisam ser explicadas e compreendidas.

A grande biodiversidade tropical, presente nos biomas brasileiros, inclusive o Costeiro, se torna campo investigativo, em diversas áreas do conhecimento. Desta forma, se faz importante explorar tais recursos, de forma racional, visando à obtenção de bioprodutos que podem beneficiar as atividades desenvolvidas no país (Figura 01).

Figura 1 – Atividades de pesquisa em bioprospecção/biotecnologia que propiciam o desenvolvimento de novos produtos bioprodutos.



Fonte: Astolfi Filho; Silva; Bigi, 2014.

O valor da biodiversidade, representada pelo potencial de recursos disponíveis e pela agregação de valor ao conhecimento científico produzido, tornou-se parte de estudos e projeções da economia como um fator de crescimento e geração de novos modelos de sustentabilidade social. Neste contexto, as redes de bioprospecção se apresentam como um campo do conhecimento, pesquisa e inovação que mais avançam por meio da pesquisa básica e aplicada, desenvolvimento de tecnologias e produção de novos produtos. Ademais, a busca de novos biomateriais é de extrema relevância no cenário local, regional, nacional e mundial, uma vez que redes de bioprospecção estão se formando com objetivo de fortalecimento de vários setores da economia brasileira, especialmente, com finalidade de obtenção de biofármacos, fitocosméticos, fitoterápicos, suplementos nutricionais, etc.

Há muito tempo é sabido que, a biodiversidade do território brasileiro é considerada ímpar no mundo, tanto em termos qualitativos, quanto quantitativos, sendo fonte de substâncias biologicamente ativas, e a preservação desta riqueza é de fundamental importância, tanto pelo valor intrínseco dessa imensa fortuna biológica como pelo seu enorme potencial como fonte de novos produtos (Palma; Palma, 2012; Berlinck, 2012). Estima-se que o Brasil, com seu variado ecossistema, possua cerca de 20% da biodiversidade mundial, sendo importante fornecedor de matérias-primas nos mais diversos setores produtivo; todavia, ainda há muito que se conhecer de modo aprofundado sobre as espécies e suas relações filogenéticas incluindo organismos marinhos, microrganismos e suas interações com outros seres (Lopes *et al*., 2005; Bolzani, 2016).

Inúmeras matérias-primas regionais nativas e adaptadas indicam oportunidades de desenvolvimento de novos bioprodutos, especialmente nos setores de cosméticos, da agroindústria e farmacêutico, especialmente com ênfase na Oncologia, com vistas à busca de novos compostos com atividade antineoplásica. O uso da biodiversidade por parte de diferentes empresas interessadas nesse tipo de segmento implica em capacitação e investimentos em inovação tecnológica,

seja essa desenvolvida internamente pelas indústrias ou em parcerias com as instituições de pesquisa (Bolzani, 2016).

O Decreto Nº 6.041, de 8 de fevereiro de 2007, da Presidência da República/Casa Civil, instituiu a Política de Desenvolvimento da Biotecnologia, cria o Comitê Nacional de Biotecnologia e dá outras providências. Possui como diretriz estimular a geração e controle de tecnologias e a consequente produção nacional de produtos estratégicos na área de saúde humana para posicionar competitivamente a bioindústria brasileira na comunidade biotecnológica internacional, com potencial para gerar novos negócios, expandir suas exportações, integrar-se à cadeia de valor e estimular novas demandas por produtos e processos inovadores, levando-se em consideração as políticas de saúde (Brasil, 2007).

Ainda, destaca-se o novo marco legal para acesso ao patrimônio genético brasileiro, o Projeto de Lei 7.735/2014, aprovado pelo Congresso Nacional em 27 de abril de 2015, promove significativa alteração no arcabouço da legislação brasileira de acesso à biodiversidade.

Segundo Rehn & Reed (1993), Biotecnologia é toda tecnologia de processo ou produto que lance mão, em pelo menos uma de suas etapas, da ação de microrganismos, células animais ou vegetais, ou de substâncias produzidas por estes agentes biológicos, sendo caracterizada por sua multidisciplinaridade.

Neste cenário, se observa a inserção da Biotecnologia em diferentes setores produtivos, dos quais se destacam, de acordo com a temática deste capítulo: o químico, alimentício, ambiental e, especialmente o setor médico-farmacêutico. Neste cenário, estudos de Prospecção Tecnológica para a produção substâncias químicas com base nas matérias-primas renováveis, Transgenia, Biodiversidade, Meio Ambiente e Patentes são essenciais para o avanço tecnológico e científico na área de saúde, no país. Por exemplo, bioprodutos obtidos de microorganismos (inclusive marinhos), como enzimas bacterianas, são utilizadas em muitos segmentos industriais, como o de alimentos e bebidas, de detergentes, têxtil, couro, celulose e papel, química fina,

medicamentos e cosméticos e, ainda, em metodologia analítica e em biologia molecular. Mais recentemente, um dos maiores *blockbusters* da indústria contemporânea, o paclitaxol (Taxol®), foi descoberto na década de 1960, alcançou vendas superiores a US$ 3 bilhões em 2006, chegando a figurar em primeiro lugar na lista dos oncológicos mais vendidos no mundo, com indicações para o tratamento de diversos tipos de câncer, como ovário, mama, pâncreas e pulmão (Yvon, 2012; Kingston, 2011 *apud* Pimentel *et al*, 2015).

A Estratégia Nacional de Biotecnologia tem por objetivo aumentar a eficiência econômica e estimular o desenvolvimento e a difusão de tecnologias com maior potencial de indução do nível de atividade, de integração e de competição no comércio internacional. Ou seja, aumentar a eficiência da estrutura produtiva, aumentar a capacidade de inovação, de geração de negócios e de absorção de tecnologias das empresas brasileiras e expandir as exportações.

A indústria biofarmacêutica tem recebido uma atenção crescente no escopo das políticas industriais, tecnológicas e de inovação adotadas em diversos países. De acordo com MCTI (2012), os insumos para a saúde são produtos considerados de segurança nacional e de importância econômica e, portanto, são estratégicos para o País. Nesse contexto, o setor de saúde no Brasil representa cerca de 8% do produto interno bruto e movimenta mais de R$ 160 bilhões/ano. A Política de Saúde tem atraído o interesse do setor privado para o desenvolvimento de novos produtos, principalmente nas áreas de biotecnologia e farmoquímica.

Portanto, pesquisa, desenvolvimento e inovação são prioritários, pois constituem oportunidades para resgatar a competitividade da indústria nacional, além de serem ferramentas para a diminuição da dependência externa por tecnologia e para a redução das importações no setor. A Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (Abdi, 2013) estimou que, entre 2005 e 2010 as importações de produtos biológicos tenham crescido em média 37%/ano, pois oito entre os dez medicamentos, com maior valor de importação, são produzidos por rota biotecnológica. Portanto, a interpretação dos indicadores de

inovação tecnológica e social coadunam com os propósitos das Base de Indicadores Empresariais de Inovação Tecnológica, da Associação Nacional de Pesquisa, Desenvolvimento e Engenharia das Empresas Inovadoras (ANPEI), como também, do Instituto Brasileiros de Geografia e Estatísticas (IBGE) e da Pesquisa Industrial Inovação Tecnológica (PINTEC).

A investigação de novos bioprodutos, oriundos da grande biodiversidade, como componentes de processos tecnológicos, com aplicabilidade em diversos setores da economia, tem levado o crescimento dos mercados para bioprodutos, ratificando a valorização dos recursos naturais e do uso da biodiversidade em setores estratégicos da economia, especialmente o farmacêutico, cosmetológico e alimentício (Figura 02).

Figura 2 – Novas entidades químicas registradas no mundo, por origem da descoberta (1981-2010).

Fonte: Pimentel *et al,* 2015

Destaca-se, como um fator impulsionador para a inovação em saúde, segundo Pimentel e colaboradores (2013), o alinhamento entre a

Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que vem aprimorando os requisitos de segurança e eficácia dos produtos brasileiros e, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), responsável por financiar os investimentos relacionados à produção e à inovação. Dessa forma, estudos desta natureza, ratificam o aumento da produtividade e à introdução de novas tecnologias nos mercados, bem como dos sistemas de P&D e de inovação tecnológica aplicados no desenvolvimento de novos bioprodutos e nanotecnologia.

O setor farmacêutico impulsiona a introdução de novas tecnologias através da inovação farmacêutica, uma vez que avanços da química medicinal e química combinatória favoreceram o desenvolvimento de novos produtos. Entretanto, algumas questões podem dificultar a obtenção de novas moléculas registradas anualmente ante os crescentes investimentos, pois a necessidade de síntese destas substâncias requer um grande investimento, como por exemplo, a busca de bioprodutos através de organismos marinhos, onde são necessárias toneladas de matéria prima para a obtenção de uma pequena quantidade do material de interesse. Ademais, o endurecimento dos requisitos de segurança e eficácia pelos agentes reguladores, também é considerado um fator que requer procedimentos custosos. Ao estudarem a quantidade e qualidade das patentes farmacêuticas envolvendo produtos naturais no país, Oliveira *et al*. (2011) ressaltaram que devido ao dilatado tempo entre o depósito e a análise da patente, é possível que os dados não reflitam a situação das novas patentes depositadas a partir da consolidação dos Núcleos de Inovação Tecnológica (NIT) nas universidades brasileiras. Portanto, é fundamental a qualificação dos NITs e Agência de Inovação (AI), favorecendo a interações e parcerias entre o sistema empresarial e academia.

A busca sistemática por novas ferramentas e sistemas produtivos, a partir de elementos da biodiversidade, (como microrganismos, fauna e flora), principalmente no ramo farmacoquímico, e que possam agregar valor econômico caracterizam o processo conhecido por bioprospecção (Saccaro Júnior, 2011). O termo Bioprospecção foi definido, originalmente, na Medida Provisória nº. 2186-16/2001

como "atividade exploratória que visa identificar componente do patrimônio genético e informação sobre conhecimento tradicional associado, com potencial de uso comercial". Posteriormente, em 2009, uma orientação técnica do Conselho de Gestão do Patrimônio Genético (CGEN) estipulou nova definição, quando relacionada a projetos que visem o melhoramento genético vegetal: "etapa na qual os genótipos promissores, selecionados na fase da pesquisa científica, são submetidos a testes de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade (DHE) e de valor de cultivo e uso (VCU), ou ensaios equivalentes" (Brasil, 2009).

As finalidades envolvendo os processos de bioprospecção apontam para a obtenção de novas propostas terapêuticas, estando este objetivo relacionado com a saúde e bem-estar da população e também, com o impacto econômico gerado com o desenvolvimento de novos produtos e/ou atividades. Somente no ano de 2014 o mercado farmacêutico movimentou aproximadamente US$ 1,1 trilhão de dólares, sendo a maior parte dessa cifra oriunda de países considerados em desenvolvimento (IMS, 2016).

As atividades de bioprospecção no setor farmacêutico são fundamentais, visto que aproximadamente 50% dos fármacos atuais tiveram como ponto de partida, moléculas biológicas (vegetais, animais, microrganismo, organismo marinhos). Quando esse critério é observado para uma terapêutica específica, como os antineoplásicos, o percentual chega a 70%, refletindo as os quantitativos de fármacos prescritos onde, por exemplo, a maior parte de medicamentos oncológicos prescritos nos Estados Unidos são oriundos de produtos naturais (Saccaro Júnior, 2011).

A BIOPROSPECÇÃO COM FOCO EM MOLÉCULAS ORIUNDAS DE ALGUNS ANIMAIS: grandes oportunidades farmacológicas contra o câncer.

Muitos princípios ativos produzidos por animais, plantas e bactérias têm sido empregados no desenvolvimento de novas drogas

para o tratamento de doenças tais como problemas cardiovasculares (trombose), doenças proliferativas (câncer) e imunodeficiências – AIDS (Heinen; Veiga, 2011).

As toxinas animais são caracterizadas como biomoléculas farmacologicamente ativas podendo induzir uma série eventos e de sinalizações celulares, como por exemplo: inibição da síntese de proteínas, indução do mecanismo de apoptose, estimulo a angiogênese, ação antiviral, exibir atividade antiviral, entre outros (Veiga *et al.*, 2009).

Os animais ditos peçonhentos (como por exemplo: abelhas, algumas espécies de aranhas, escorpiões e serpentes) e venenosos (como por exemplo, anfíbios), transportam consigo uma variedade de toxinas com potencial para desencadear diferentes atividades fisiológicas, e são geralmente conhecidas apenas por seus efeitos negativos, quando em contato com humanos, os quais vão desde sintomas suaves, passando por reações alérgicas e dermatite, até sintomatologias mais graves, como distúrbios na coagulação, incluindo hemorragia e coagulação intravascular disseminada, além de, parada cardiorrespiratória, entre outras complicações (Menez *et al.*, 2006).

Muito embora os efeitos desencadeados pelas toxinas de animais possam conduzir a uma percepção negativa, nos últimos anos estes animais têm sido vistos pela comunidade científica, como uma rica fonte para bioprospecção de princípios farmacologicamente ativos, e muitas de suas toxinas têm sido o objeto de investigação, visando o desenvolvimento de novos moléculas para o diagnóstico, tratamento e cura de alguns tipos de doenças, como o câncer (Veiga *et al.*, 2009; Heinen; Veiga, 2011).

Há algum tempo já é uma realidade a biotecnologia aplicada a partir da bioprospecção realizada, com o estudo da filogenia em alguns animais. Sendo assim, o quadro a seguir apresenta alguns produtos desenvolvidos a partir do estudo aplicado de toxinas de alguns animais (Quadro 01).

Quadro 1 – Compostos e/ou produtos desenvolvidos a partir de toxinas animais:

Espécie	Produto desenvolvido e/ ou substância isolada	Aplicação	Referência
Echis carinatus	Ecarin	Kit para A determinação dos níveis de protrombina em pacientes submetidos à terapia anticoagulante	Nowak; Bucha, 1993
Pseudonaja textilis	Textarin	Altamente sensível em sistema de teste específico para diagnóstico do lúpus eritematoso	Triplett *et al.*, 1993
Hirudo medicinalis	Hirudina	Inibidor direto da trombina (Fator IIa)	Markwardt, 1955
Bothrops moojeni	Defibrase® (Batroxobina)	Utilizado para o tratamento da trombose.	Stocker, 1990
Bothrops atrox	Reptilase ™	Ensaio usado para detectar deficiência ou anormalidades no fibrinogénio.	VanCott *et al.*, 2002 Johnson *et al.*, 1977 Latallo *et al.*, 1971
Bothrops jararaca	Captopril®	Inibidor da enzima conversora de angiotensina (ECA)	Smith; Vane, 2003
Agkistrodon rhodostoma	Viprinex ™	Utilizado para cerebral e periférica isquemia de membro	Au *et al.*, 1993

Portanto, a bioprospecção com toxinas animais têm impulsionado o campo da indústria de para a inovação e desenvolvimento de medicamentos.

Sendo o câncer a segunda causa de morte em todo o mundo, muitos esforços têm sido concentrados para a descoberta de novas ferramentas que possam ser incorporadas ao arsenal farmacológico já consagrado (Heinen; Veiga, 2011).

A terapia anticâncer é uma das principais áreas para o uso de proteínas e peptídeos oriundos de animais, os quais, podem exercer várias atividades em células tumorais, seja por ligações especificas às membranas celulares, seja por modulação dos processos de migração, quanto de proliferação destas células (Jäger *et al.*, 2004).

As pesquisas com o foco em atividade de toxinas animais tornaram-se importante campo para o estudo, por causa dos avanços em tec-

nologias de proteômica, e genômica como o projeto genoma baseado em venenos animais e o desenvolvimento de métodos para *sreennig* de toxinas e venenos, permitindo melhores alternativas e meios para estudar as substâncias farmacologicamente ativas encontradas até agora (Escoubas, 2006b e Favreau *et al.*, 2006; Menez *et al.*, 2006)

Ensaios pré-clínicos com enfoque antitumoral e utilizando compostos isolados de toxinas de animais (aranhas, escorpiões e serpentes, por exemplo), tem mostrado resultados promissores, e assim incentivado pesquisadores na busca de novas ferramentas farmacológicas, as quais podem ter aplicações extraordinárias na luta contra o câncer, todavia estudos sobre o mecanismo pelo qual estes venenos agem ainda são recentes, e necessitam de mais elementos para a uma melhor compreensão, no tocante a atividade terapêutica em uma formulação apropriada (Mamelak; Jacoby, 2007).

O estudo das toxinas de alguns animais, como ferramentas promissoras para o tratamento de doenças proliferativas como em muitos tipos de tumores malignos, especialmente ao analisar os resultados de alguns estudos, demonstraram inibição de células tumorais, após o tratamento com moléculas derivadas de toxinas de animais (Gupta *et al.*, 2010).

Nos últimos anos o esforço concentrado de muitos grupos de pesquisa em todo o mundo, tem demonstrado o leque de possibilidades, no tocante a utilização de venenos e toxinas animais, em processos biotecnológicos, para o desenvolvimento de novas propostas terapêuticas para o câncer (Tian *et al.*, 2014).

A seguir é apresentada uma compilação de algumas moléculas com atividade antitumoral, oriunda de animais (aracnídeos, insetos, répteis, anfíbios), como apresentado no Quadro 02 (Heinen; Veiga, 2011).

Quadro 2 – Substâncias presentes em toxinas animais com função citotóxica e antitumoral

Animal (espécie)	Toxina isolada	Composição	Atividade observada	Referências
Escorpiões *Hadrurus aztecus* *Parabuthus schlechteri* *Pandinus imperator*	Hadrurina Parabutoporina	Péptidos policatiônicos anti-microbianos a-helicoidal	Citotóxica para linhagens de células tumorais (formação de poros na membrana e interação com canais de sódio (Na^+)	Torres-Larios *et al.*, 2000 Verdonck *et al.*, 2000 Corzo *et al.*, 2001
Leiurus quinquestriatus	Clorotoxin (Cltx)	Peptídeo com 36 aminoácidos	Liga-se as metaloproteinases II (MMP-2) e inibe o influxo de cloreto na membrana de e induzindo morte celular de modo seletivo em células de glioma.	Debin;Strichartz, 1991 Lippens *et al.*, 1995 Soroceanu *et al.*, 1998, 1999 Deshane *et al.*, 2003 Veiseh *et al.*, 2007 McFerrin e Sontheimer, 2006, Tytgat *et al.*, 1998
Parabuthus schlechteri	Insectotoxina (PBITx1)	Peptídeo com 35 aminoácidos	Atuam sobre canais de sódio (Na^+) e cloro (Cl^-) e em células tumorais	Fu *et al.*, 2007 Gao *et al.*, 2009 Veiseh *et al.*, 2009a Veiseh *et al.*, 2009b
Buthus martensii Karsch	Clorotoxina--conjugada recombinante – RBMK CTA e associada a nanopartículas		Bloqueador dos canais de cloreto em linhagem humana de glioma (SHG-44) Em células K562 (eritroleucemia) e Jurkat (linfoma de células T) observou-se parada de ciclo celular na fase G1, fragmentação de DNA e diminuição de telomerase. Diminuição da expressão dos níveis de fosforilação de *Akt*, *Bad* e expressão de p27, de proteína de choque térmico 70 e 90 e ativação de caspases 3 e 9	Gupta *et al.*, 2010
Heterometrus bengalensis	Bengalina	Peptídeo com 20 aminoácidos	Indução de apoptose em células leucêmicas humanas (K562 e U937)	Gupta *et al.*, 2010

Animal (espécie)	Toxina isolada	Composição	Atividade observada	Referências
Abelhas: *Apis mellifera*	Melitina e fosfolipase A2 (PLA2)	Peptideo anfifilico contendo 26 resíduos de aminoácido	Potente agente formador de poros, induzindo lise de membrana e ativação da apoptose em várias linhagens tumorais (incluindo tumores sólidos em ensaios *in vitro* e *in vivo*); Hiperatividade de PLA2 em oncogene *ras* em células tumorais; Aumento do influxo de Ca^{2+}	Hait *et al.*, 1983 Sharma, 1992 Duke *et al*, 1994 Ownby *et al.*, 1997 Shaposhnikova *et al.*, 1997 Holle *et al.*, 2003 Chu *et al.*, 2007
Vespas: *Polybia paulista*	Mastoparan,	Peptideo anfipático de 14 aminoácidos	Induz aumento de permeabilidade da membrana mitocondrial em células tumorais e atividade hemolítica	Pfeiffer *et al.*, 1995 Souza *et al.*, 2009
Aranhas: *Pancratium littorale*	Pancratistatina	Não determinada	Atividade antitumoral (neuroblastomas); Indução de apoptose em células tumorais humanas (leucemias e tumores sólidos).	Kekre *et al.*, 2005; McLachlan *et al.*, 2005; Siedlakowski *et al.*, 2008;
Acanthoscurria gomesiana	Gamesina	Peptideo com 84 aminoácidos	Redução da viabilidade celular de células tumorais (câncer de mama, carcinoma de colon e melanoma) e redução do crescimento tumoral;	Rodrigues *et al.*, 2008;
Psaimopoeus cambridgei	Psalmotoxina I	Peptideo com 40 aminoácidos	Inibição das correntes de sódio (Na+) e morte celular (em astrocitomas);	Escoubas *et al.*, 2000; Bubien *et al.*, 2004;
Formigas: *Solenopsis invicta*	Solenopsina A	Não determinado	Atividade antiangiogênica em tumores sólidos;	Arbiser *et al.*, 2007
Lepidópteros: *Hyalophora cecropia*	Cercopsina A e D Cercopsina B	Peptideo com 64 aminoácidos; Peptideo com 62 aminoácidos	Efetivos conta células tumorais em ensaios *in vitro* e *in vivo;* Apresentam atividade hemolítica;	Moore *et al.*, 1994; Chen *et al.*, 1997; Rodrigues *et al.*, 2008; Suttmann *et al.*, 2008;
Centopéias: *Parafontaria laminata armigera*	Glicoesfingolipideo 7	Não determinado	Reduz e expressão de ciclinas D1 e CDK4; Inibe a sinalização celular dependente de cinase (Erk)1/2 e inibe a proliferação de células tumorais (melanoma)	Sonoda *et al.*, 2008;

Animal (espécie)	Toxina isolada	Composição	Atividade observada	Referências
Lagartas: *Lonomia obliqua*	Hialuronidades	Não apresentado	Podem apresentar potente capacidade de inibição da proliferação e viabilidade de células tumorais	Csoka *et al.*, 2001; Matsushita e Okabi, 2001;
	Fosfolipase A2	Não apresentado	Promove apoptose pela ativação de caspases, liberação de citocromo c em células tumorais	Taketo e Sonoshita 2002; Zhao *et al.*, 2002;
Anfíbios: *Rhinella schneideri*	Bufadienolídeos	Não apresentado	Atuam sobre recepetores de morte ativando a sinalização celular para apoptose; Diminui o nível de expressão de *Bcl-XL;* Inibição de células tumorais andrógeno dependentes	Dong *et al.*, 2011; Tian *et al.*, 2014;

Fonte: Adaptado de Heinen & Veiga, 2011.

O REINO VEGETAL: a base pioneira para a prospecção de fármacos

A natureza é uma fonte atraente de nova terapêutica compostos candidatos como uma tremenda diversidade química, na observação do ecossistema presente no planeta terra, estima-se que existam aproximadamente de 30 milhões de insetos, 1,5 milhão de algas, 1,5 milhão de fungos, 1 milhão de animais, além da existência de mais de 400 mil espécies de plantas (Butler, 2004).

Pela experiência humana, nota-se que com o conhecimento e também o domínio de espécies vivas (selvagens, domesticadas), assim como a exploração e recursos naturais e os meios desenvolvidos para a exploração desses recursos, constitui um fator importante no estabelecimento e relações de poder (Balick 1996; Berlinck, 2012).

No Brasil, as atividades extrativistas relacionadas aos recursos naturais (bioprospecção), foram intensificadas durante o processo de colonização, dentre as várias espécies existentes a mais explorada inicialmente foi o Pau-Brasil (*Caesalpinia echinata*), estima-se que em um período de 100 anos foram retiradas mais de 2 milhões de arvores (Dean, 2010).

Uma das mais antigas práticas utilizadas pelo homem é o uso das plantas com finalidades terapêuticas com finalidade de tratamento, cura e prevenção de doenças, relatos históricos mostram que desde 1550 a.C., plantas e extratos de plantas já eram conhecidos, conforme descrito no papiro de Ebers pelos egípcios, apresentando reconhecida atividade anticâncer. (Newman; Cragg, 2010).

As plantas utilizadas na medicina popular representam uma investigação pré-clínica importante, que não pode ser ignorada ou desprezada, sendo que cerca de 74% de produtos medicinais oriundos de vegetais, tiveram como ponto de partida a orientação baseada em resultados revelados pela medicina popular (Braz Filho, 2010; Bhanot *et al*., 2011).

No início dos anos 90, do século XX, a Organização Mundial de Saúde (OMS) divulgou dados interessantes de um levantamento realizado, o qual mostrou que até 80% da população mundial, principalmente os habitantes de países em desenvolvimento dependiam de plantas medicinais como forma de tratamento de afecções e cuidados básicos com a saúde (Akerele, 1993; Aquino, 2008).

Os produtos naturais oriundos de plantas têm sido uma rica fonte para a bioprospecção de compostos aplicados ao tratamento de doenças (Kingston, 2011; Harvey *et al*., 2015).

Um estudo apresentado por Chadwick em 1990, mostrou que a medicina alopática mundial utiliza cerca de 119 drogas extraídas de cerca de 90 espécies de plantas superiores, todas com estruturas definidas. Outro fato importante é que do total de medicamentos prescritos por médicos nos Estados Unidos, cerca de 25% incluem substâncias naturais oriundas de plantas de regiões tropicais e temperadas, com movimentação financeira estimada em 900 milhões de dólares na circulação comercial (Braz Filho, 2010).

A evolução dos estudos com os organismos vegetais propiciou a descoberta, a partir do melhor entendimento sobre a formação de metabólitos secundários, e produtos que se caracterizavam como bio-

logicamente ativos, apresentando atividades terapêuticas, incluindo moléculas posteriormente aplicadas na terapia do câncer (Harvey *et al*., 2015).

No final da década de 1940, Hartwell e colaboradores foram os pioneiros no estudo racional e organizado de produtos extraídos de plantas aplicados a atividade antitumoral, posteriormente no ano de 1961, foram inseridos na prática clínica alguma drogas como a vincristina e a vimblastina (isolados da *Catharanthus roseus*), podofilotoxina (*Podophyllum peltatum* L.), camptotecina (Camptotheca acuminata), posteriormente, em 1996 foram inseridos paclitaxel e docetaxel (*Taxus baccata* e *Taxus brevifolia*), que contribuíram muito para o tratamento de leucemias e canceres de tumores sólidos (Hartwell, 1967; Wang; Lee, 1997; Newman; Cragg; Snader, 2003).

Muitos pesquisadores têm discutido a importância e o potencial de plantas medicinais como fonte de novos agentes terapêuticos (Gebhardt, 2000; Cordell *et al*., 2001), a exemplo disso, foi um estudo realizado em 1995 por Mendelsohn & Balick, apresentou um painel com 375 plantas com importância direta para a indústria farmacêutica, porém, apenas 12,5% aproximadamente já haviam passado por algum estudo fitoquímico e farmacológico.

Sendo a utilização de plantas com fins medicinais para prevenção, tratamento e até mesmo cura de doenças, uma das mais antigas práticas da humanidade, no tocante a fitoquímica medicinal, e válido ressaltar que o binômio inovação e produtos naturais, principalmente aqueles oriundos de plantas tem se mostrado cada vez mais promissor, no tocante a novas possibilidades terapêuticas, porém com já mencionado anteriormente, é imprescindível um amplo estudo para que seja comprovada a eficácia e segurança destas entidades químicas identificadas (Veigas Junior *et al*., 2006; Macedo; Gemal, 2009; Bolzani 2016).

Nesse contexto, a elucidação de princípios ativos presentes nas plantas, bem como de seus mecanismos de ação, vem sendo um dos maiores desafios para a química farmacêutica, bioquímica e a farmacologia (Calixto, 2003; Barreiro; Bolzani, 2009; Braz Filho, 2010).

Nesse sentido, a utilização dos métodos e técnicas de screening automatizados, possibilita o processamento de 50.000 amostras diárias, testes direcionados para alvos específicos como enzimas ou mesmo rotas biossintéticas animais ou receptores biológicos ou algum composto envolvido na transcrição dos genes e são bastante empregados pela indústria farmacêutica e grupos de pesquisa (Phillipson, 2001; Brandão *et al*., 2010; Luo *et al*., 2015).

Dessa forma, os estudos químicos e farmacológicos de compostos derivados de plantas outrora protótipos, foram a base molecular para o obtenção de novos compostos, que hoje compõem a formulação de medicamentos consagrados na prática clínica (Reddy *et al*., 2003).

Muitos produtos naturais estão disponíveis como agentes quimioterápicos contra câncer e são de ocorrência frequente, a compilação a seguir mostra alguns agentes identificados a partir de frutas e vegetais, os quais apresentam reconhecida atividade citotóxica para células tumorais o Quadro 03 a seguir menciona alguns fitocompostos e onde podem ser encontrados.

Quadro 3 – Entidades químicas presentes em vegetais com propriedades antitumorais e suas atividades em marcadores celulares

Nome da planta	Princípio ativo	Atividade – Alvo celular	Referência
Açafrão *Curmuma longa* L.	Curcumina curcuminóides	Atividade citotóxica – supressão dos níveis de NF-kB, AP-1, Egr-1, STAT1, STAT3, STAT5, EpRE; β-catenina, VEGF, HER2, PKA, PKC, VCAM-1, Bcl-2, Bcl-XL, ICAM-1, TF, AR, p53, XOD, FTPase, ciclina D1, 5-LOX, COX-2, iNOS, MMP-9, TNF, IL-6, IL-8, IL-12; Expressão dos níveis de: PPARɣ, GST, GSH-px, MDR, HO, Nrf2;	Mukhopadhyay *et al.,* 2001; Han *et al.,* 2002; Hergenhahn *et al*., 2002; Nakamura *et al.*, 2002; Kang *et al*., 2004 Aggarwal *et a*l., 2006;
Alcachofra *Cynarascolymus* L.	Silimarina	Supressão dos níveis deNF-κB, AP-1, COX-2, ciclina D1,MMP-9;	Tyagi *et al*., 2002; Gu *et al*., 2005;
Alho *Allium sativum* L.	Alicina	Supressão dos níveis de NF-κB;	Aggarwal; Shishodia, 2004; Colín-González, 2012;

Nome da planta	Princípio ativo	Atividade – Alvo celular	Referência
Cenoura *Daucus carota sativus* L.	β-caroteno	Supressão dos níveis de NF-κB;	Shebaby *et al.* 2014;
Chá verde *Camellia sinensis* L.	Catequinas	Supressão dos níveis de NF-κB, AP-1, COX-2, ciclina D1,MMP-9, IL-6, VEGF, Bcl-2, Expressão dos níveis de:p21/WAF1, HO-1, p53;	Tang *et al.*, 2003; Sah *et al.*, 2004;
Cravo-da-índia *Eugenia caryophyllus* Sprengel	Eugenol	Supressão dos níveis de NF-κB	Miguel, 2010;
Frutas cítricas *Citrus* sp.	Limoneno	Supressão dos níveis de: COX-2, iNOS	Bhanot *et al.,* 2011;
Gengibre *Zingiber officinale* Roscoe	Gingerol	Supressão dos níveis de: TNF,NF-κB, AP-1, COX-2, NOS,VEGF, Bcl2 Expressão dos níveis de:caspase-3,	Alessi *et al.*, 1996; Miyoshi *et al.*, 2003; Kim et al., 2004;
Maçã *Malus sylvestris*	Quercetina	Supressão dos níveis de: NF-kB, Bcl-2, Expressão dos níveis de: cyclin D1, caspase, PARP, Bax,	Ishikawa *et al.*, 1999; Aggarwal; Shishodia, 2004;
Manjericão *Ocimum sanctum* L.	Ácido ursólico	Supressão dos níveis de: NF-κB, COX-2, ciclina D1, MMP-9	Shishodia *et al.*, 2003;
Uva *Vitisvinifera*	Resveratrol	Supressão dos níveis de: COX-2, iNOS, AP-1, NF-κB, AR, PSA, CYP1A1, ciclina D1, ciclina E, Bcl-2, Bcl-xL, PKC, PKD, 5- LOX, VEGF, IL-1, IL-6, IL-8, STAT, survivin Expressão dos níveis de: Cip1/WAF1, HO-1, Nrf2, p53, Bax, P21, caspases,	Manna *et al.*, 2000;
Pimenta do reino *Piper nigrum* L.	Piperina	Supressão dos níveis de: NF-κB, ATF-2, c-*Fos*, IL-1β, IL-6, TNF, GM-CSF	Aggarwal; Shishodia, 2004;
Pimenta vermelha *Capsicum annum* L.	Capsaicina	Supressão dos níveis de: NF-κB, ciclina D1, Bcl-2, Bcl-xL, Cdk1, Bcl-2, Bcl-xL	Patel *et al.*, 2002;
Romã *Punica granatum* L.	Ácido elágico	Supressão dos níveis de: NF-κB, COX-2, ciclina D1, MMP-9, PDGF, VEGF; Expressão dos níveis de: p21/WAF1, p53	Shishodia *et al.*, 2003; Aggarwal; Shishodia, 2004;
Soja Glycine max L. Merr.	Genisteína	Supressão dos níveis de: NF-κB; Expressão dos níveis de: ↑caspase-12, ↑p21/WAF1, ↑ GST-px	Li *et al.*, 2005;

Nome da planta	Princípio ativo	Atividade – Alvo celular	Referência
Tomate *Lycopersicon esculentum* Mill.	Licopeno	Supressão dos níveis de: NF-κB	Aggarwal; Shishodia, 2004;
Vegetais crucíferos *Brassica* sp.	Sulforafano	Supressão dos níveis de: NF-κB, ciclina D1, Cdk1, Bcl-2, Bcl-xL	Chen *et al.*, 2003;

NF-kB (fator nuclear kappa B); AP-1 (Ativador da proteína-1); Egr-1 (proteína de resposta de crescimento precoce 1); STAT isoformas 1,3,5 (sinalizador e ativador da transcrição);EpRE(elemento de resposta eletrofíla); VEGF (factor de crescimento endotelial vascular);HER2 (receptor do tipo 2 de crescimento epidérmico humano); PKA e PKC (proteína quinase a e c); VCAM-1 (molécula de adesão celular vascular-1); Bcl-2 e Bcl-XL (são proteínasantiapoptóticos); ICAM (moléculas de adesão intercelular); TF (fator tecidual); AR (receptor androgênio); p53 e p21 (proteínas pró-apoptóticas); XOD (xantina oxidase); FTPase (proteína farnesil transferase); COX-2 (ciclooxigenase-2);LOX, lipoxigenase; iNOS (óxido nítrico sintase induzida);MMP-9 (metaloproteinase de matriz); PPARɣ(receptores ativados por proliferador de peroxissoma), IL (interleucina); TNF (fatorde necrose tumoral); HO (heme-oxigenase);Nrf2 (fator nuclear eritróide); MDR (resistência a multifármacos); GST, glutationa Stransferase;GST-px, glutationa peroxidase; Cdk, (cíclica dependente de quinase); PDGF (fator de crescimento derivado de plaqueta); caspase (cisteína-aspártico-ácido-proteases), survivin (proteína antiapoptótica); GM-CSM (Fator Estimulador de Colônias de Granulócitos e Macrófagos); c-Fos (protooncogene).

Os óleos essenciais: uma nova possibilidade para a inovação de fármacos.

Outros compostos presentes em vegetais e com grande aplicabilidade na terapêutica são os óleos voláteis. Tais compostos podem representar uma alternativa para a prospecção de novos fármacos, e novas ferramentas terapêuticas usadas, as quais podem ser utilizadas pela indústria farmacêutica (Ferraz *et al.*, 2013).

Nesse sentido é válido destacar alguns óleos essenciais que já foram estudados, os quais mostraram atividade citotóxica e/ou antitumoral como mostrado no quadro 04 abaixo:

Quadro 4 – Óleos essenciais presentes em vegetais com propriedades antitumorais.

Planta	Princípio ativo	Referência
Abies balsamea (L.) Mill.	α-humuleno β-cariofileno	Rauter *et al.*, 2001
Croton regelianus MUELL	Ascaridole	Bezerra *et al.*, 2009
Eucalyptus benthamii	α-pinene	Loizzo *et al.*, 2008
Guatteria pogonopus	β-pineno, (E)-cariofileno	Fontes *et al.,* 2013
Lippia gracilis Shauer	Timol	Deb *et al.*, 2011

É importante lembra que além de apresentarem compostos com propriedades terapêuticas importantes, os óleos essenciais podem ser aplicados em terapias alternativas com grande potencial farmacológico, como a aromaterapia (Edris, 2007; Ali *et al.*, 2015).

A aromaterapia pode ser aplicada em tratamentos agudos ou crônicos de doenças sendo, devidamente explorados os óleos essenciais, que podem auxiliar como adjuvantes, reduzindo efeitos colaterais em tratamentos convencionais, como em quimioterapia contra o câncer, como também uma possibilidade de desenvolvimento de produtos farmacêuticos com via de administração alternativa, se comparados aos fármacos antitumorais encontrados no mercado (Bhattacharjee; Chatterjee, 2013; Marchand, 2014; Ali *et al.*, 2015)

Assim, os produtos naturais oriundos de plantas continuam sendo excelentes fontes para prospecção, obtenção de moléculas promissoras e desenvolvimento de novos medicamentos, além de alternativas terapêuticas complementares associadas, em tratamentos já estabelecidos, a exemplo da aplicação da aromaterapia com óleos essenciais em pacientes com câncer.

PRODUTOS NATURAIS MARINHOS: um mar de oportunidades

Os oceanos representam a maior fonte de compostos naturais com potencial farmacológico (Costa-Lotufo *et al.*, 2009, Costa *et al.*, 2014). Os organismos marinhos fornecem numerosos novos compostos, com arquitetura estrutural única e complexa, e propriedades farmacológicas formidáveis. Sendo relatada atividade anti-inflamatória, antiviral, bactericida, antimalárica, antioxidante e potencial anticâncer (Arif *et al.*, 2004; Mayer *et al.*, 2010).

O papel dos produtos naturais para a descoberta de novos fármacos é enorme, especialmente no desenvolvimento de quimioterápicos para o tratamento do câncer (Newman & Cragg, 2014). A contribuição dos produtos naturais não se limita apenas à aplicação direta de seus metabólitos secundários não modificados, mas também se estende

aos seus derivados, tais como análogos semi-sintéticos, bem como estruturas sintéticas baseadas em produtos naturais (Bhatnagar & Kim, 2010; Gomes *et al.*, 2015). Assim, a identificação de compostos com determinada ação terapêutica, possibilita o desenvolvimento de novos fármacos.

Em particular, nas últimas décadas têm sido reportados diversos compostos marinhos com atividade anticâncer, através de ensaios *in vitro* e *in vivo*, além de ensaios clínicos nas mais diversas fases de estudo (Mayer *et al.*, 2010; Costa *et al.*, 2014).

Todavia, poucos são os fármacos anticâncer comercializados, que foram desenvolvidos a partir de compostos marinhos. Atualmente, quatro moléculas citotóxicas de origem marinha estão disponíveis para uso clínico, nomeadamente Citarabina (Aracytin® CS, antimetabólito), Trabectedina (Yondelis®, agente alquilante atípico), Mesilato de Eribulina (Halaven®, inibidor da dinâmica dos microtúbulos) e Vedotina (ADCETRIS®, agente antimicrotúbulo, anticorpo anti-CD30 conjugado com o fármaco Monometil Auristatina E) (Mayer et al., 2010; Dyshlovoy & Honecker, 2015).

E há muito mais substâncias de origem marinha ou derivadas em diferentes fases de ensaios clínicos, sendo que uma grande variedade já foi testada para sua atividade farmacológica *in vitro* e *in vivo*.

A Citarabina recebeu aprovação do FDA (*Food and Drug Administration*) em 1969, é um anitmetabólito que atua inibindo a DNA polimerase, foi o primeiro fármaco derivado marinho a ser liberado para uso clínico. Este quimioterápico é um análogo sintético dos nucleosídeos espongouridina e espongotimidina isolados da esponja *Cryptotethya crypta*. Atualmente, a Citarabina é utilizada como monoterapia ou em combinação com outros fármacos como Mitoxantrona e Daunorubicina (antibióticos antitumorais, alquilação do DNA e inibição da Topoisomerase II) para o tratamento de leucemias e linfomas não-Hodgkin (Costa-Lotufo *et al.*, 2009; Mayer *et al.*, 2010).

Posteriormente a Trabectedina (Yondelis®), um alcaloide originalmente isolado de *Ecteinascidia turbinata* um tunicado, tornou-se

clinicamente disponível, para o tratamento de sarcomas de tecidos moles e câncer de ovário recorrente. A Trabectedina é capaz de interagir com o sulco menor da dupla fita do DNA, alquilando-o, sendo um alquilante atípico (Amant *et al.*, 2015; Nakamura *et al.*, 2016).

No processo para os ensaios clínicos, a quantidade necessária para o prosseguimento dos testes, poderia resultar em desequilíbrio ambiental, pois necessitaria de grande quantidade do tunicado. Para solucionar este problema, buscou-se a síntese química, onde atualmente a Trabectedina é produzida por semi-síntese, a partir da cinosafracina B que é obtida por fermentação do microrganismo *Pseudomonas fluorescens* (Cuevas & Francesch, 2009).

O Mesilato de Eribulina (Halaven®) é um análogo do produto natural marinho halicondrina B (isolada da esponja *Halichondria okadai*) é um inibidor da dinâmica dos microtubulos não taxânico, que é utilizado na clínica em pacientes com câncer de mama metastático (Yoshida *et al.*, 2014; Dybdal-Hargreaves *et al.*, 2015).

Eribulina foi aprovado pelo FDA em 2010 como uma terapia de terceira linha para pacientes com câncer de mama metastático que tenham sido previamente tratados com uma antraciclina e um taxano (Swami *et al.*, 2015).

Uma nova opção de tratamento para o linfoma de Hodgkin é a imunotoxina Vedotin Brentuximab (ADCETRIS®), que é composto de um anticorpo anti-CD30 conjugado diretamente ao agente anti-tubulina Monometil Auristatina E (Novakovic, 2015; de Goeij & Lambert, 2016).

O Monometil Auristatina E é um análogo sintético da Dolastatina 10, um antineoplásico pseudopeptídeo marinho isolado de *Dolabella auricularia* (Poncet, 1999; Newman & Cragg, 2014).

Um produto natural marinho em destaque atualmente é Fuicodan, que é um polímero de carboidratos derivado de algas marinhas que apresentam inúmeras bioatividades valiosas, foi utilizado inicialmente como suplemento nutricional (Kwak, 2014; Atashrazm *et al.*, 2015).

Posteriormente, foi demonstrada as ações *in vitro* do Fucoidan, como antiproliferativa (Park *et al.*, 2011), antiangiogênica (Ustyuzhanina *et al.*, 2014) e anticâncer (Hsu *et al.*, 2014; Yang *et al.*, 2015). Todavia, por ser um polímero, estudos tem demonstrado que os monômeros que os compõe são importantes para determinar as diversas atividades biológicas, inclusive anticâncer (Bilan *et al.*, 2010; Ustyuzhanina *et al.*, 2014). Assim, até o momento não há ensaios clínicos do Fucoidan e pacientes com câncer.

Conforme a revisão de Arif e colaboradores (2014), a maior parte dos estudos com compostos marinhos identificam somente a atividade citotóxica/antiproliferativa, com poucos estudos em modelos animais e toxicológicos. De acordo com este estudo a ausência de complementaridade de dados seria um dos principais motivos para a falha desses potenciais candidatos a fármacos nos ensaios clínicos. Visto que a toxicidade desses compostos quase sempre leva a interrupção de ensaios clínicos.

A bioprospecção de produtos naturais marinhos é uma realidade, e representa um desafio as mais diversas vertentes das pesquisas com fármacos. Isto porque, é identificar o organismo, caracterizar seu habitat, cuidar de sua preservação, o isolamento e identificação de compostos ativos, bem como atividade farmacológica e toxicológica (Costa-Lotufo *et al.*, 2009; Newman & Cragg, 2014; Yang *et al.*, 2015). Os avanços obtidos até o momento são um marco na pesquisa em câncer, com identificação e desenvolvimento de novas moléculas e novos alvos farmacológicos.

OS PROCESSOS DE INOVAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA

Nos últimos anos, ocorreu um renascimento nas abordagens fenotípicas para a descoberta de medicamentos. A triagem de compostos utilizando sistemas celulares é uma grande promessa, na descoberta moléculas promissoras com aplicação terapêutica, que passa ser validada para um ou para vários alvos simultaneamente (Fang, 2014).

Quando se considera o quantitativo de alvos biológicos promissores para o planejamento de fármacos, as técnicas como a triagem biológica automatizada em alta escala (HTS – *high throughput screening*) e de triagem virtual (VS – *virtual screening*) apresentam-se como estratégias modernas exploradas na identificação de novas moléculas bioativas, encontrando grande aplicabilidade, principalmente no que se diz respeito aos estágios iniciais de produção e desenvolvimento – P&D, (Ferreira *et al.*, 2011).

Combinando abordagens computacionais, que incluem desde o estudo das relações quantitativas entre a estrutura e atividade (QSAR – *quantitative structure-activity relationships*), uso de impressões digitais moleculares (*molecular finger prints*), emprego de farmacóforos (*pharmacophores*), utilização de inteligência artificial na aprendizagem de máquinas (*machine learning*), como as máquinas de vetor suporte (SVM – *support vector machines*), a análise de similaridade com base em estruturas químicas e acoplagem molecular baseados em estruturas tridimensionais de proteínas-alvo, evidencia-se que a bioprospecção de compostos, de forma guiada tem facilitado enormemente a descoberta de modo cada vez mais rápido, de novas ferramentas farmacológicas, permitindo a determinação da estrutura alvo, contribuição para a expansão biblioteca de compostos, dados mais precisos sobre o mecanismo de ação molecular, segurança e avaliação de toxicidade, e otimização das pesquisas de modo geral (Leitão *et al.*, 2004, Honório *et al.*, 2006, Barreiro *et al.*, 2007, Eckert *et al.*, 2007, Salum *et al*, 2009a,b, Guido *et al.*, 2008a,b, Geppert *et al.*, 2010, Weber *et al.*, 2010, Eggert, 2013).

É importante destacar que no âmbito da pesquisa e desenvolvimento (P&D), no que concerne a pesquisa de novas possibilidades farmacológicas, para o tratamento do câncer, por exemplo, diversos países, em especial na União Européia, a luta pela substituição de testes em animais por métodos precisos de análise de novos medicamentos e outros produtos vem crescendo gradativamente (Eskes, 2015).

No Brasil, a Rede Nacional de Métodos Alternativos ao Uso de Animais (Renama), em funcionamento desde 2012, procura implantar

no país o chamado princípio dos "três erres", proposto em 1959 pelos britânicos William M.S. Russel e Rex L. Burch. Esses três erres se referem às iniciais das exortações éticas para os cientistas buscarem formas de reduzir (*Reduce*), refinar (*Refine*) e substituir (*Replace*) os ensaios utilizando animais (Cazarin *et al.,* 2004; Bones, Molento, 2012).

Dessa forma, o desenvolvimento de métodos e técnicas tem contribuído para a bioprospecção de moléculas. O quadro 05 a seguir apresenta outras possibilidades consideradas inovadoras na prospecção de compostos com atividade biológica

Quadro 5 – Métodos e técnicas que poder ser utilizados na prospecção de moléculas contra o câncer

Método ou técnica	Aplicação	Referência
Terapia do gene suicida	Tratamento de doenças proliferativas (câncer). Utilizando um vetor viral, insere-se um gene que estimula a célula a sinalizar para o posterior reconhecimento das células do sistema imunológico.	Morgan, 2012 Rajab *et al*., 2013
Silenciamento gênico por interferência de RNA (RNAi)	Com o emprego de vetores, o RNAi (RNA de interferência) é inserido na célula tumoral, sendo direcionado aos genes-alvo como aqueles que codificam proteínas antiapoptóticas, de multirresistência a drogas, no reparo de DNA, angiogênese, oncogenes, mediadores de ciclo celular, invasão metastática e adesão celular, inibindo a expressão desses fatores.	Yang; Zhang, 2012; Deng *et al*., 2014

A cultura de células aplicada à biotecnologia e aos processos de inovação

As culturas celulares há algum tempo vem contribuindo para os processos de inovação de fármacos (Amann *et al*., 2014). A implementação de novas técnicas como sistema 3D de cultura celular tem alavancado informações interessantes em pesquisa básica aplicada (Hess *et al*., 2010; Chen *et al*., 2012).

Outra técnica interessante e que está aportando no Brasil é a tecnologia que utiliza biorreatores, conhecida também como *Human on a chip* (o ser humano em um chip, em inglês) e tem como objetivo substituir as experimentações em animais por testes feitos com dispositivos que contêm culturas de células humanas interligadas em circuitos que simulam fluxos de sangue e urina e os fluxos de oxigênio, nutrientes e outras substâncias (Bhatia; Ingber, 2014).

Essa tecnologia pode interligar diferentes culturas celulares umas às outras por meio de um sistema circulatório, simulando, por exemplo, a trajetória de uma droga que é aplicada sobre a pele, chega à corrente sanguínea, alcança o fígado e outros órgãos, monitorando as alterações que ela causa em cada etapa (Esch; Bahinski, 2015).

Com a utilização do *chip* (placa onde se insere o reator biológico), busca-se reproduzir as características e o funcionamento de órgãos humanos. Com a ajuda de novas técnicas de cultivo como, por exemplo, a chamada *hanging drop, o*s pesquisadores criam culturas multicelulares e tridimensionais, o que resulta numa melhora na reprodução das condições *in vivo* (Bhise *et al*., 2014).

As pesquisas focadas no cultivo das mínimas unidades funcionais que caracterizam cada órgão (*human on a chip*) tem capacidade de apresentar atividade biológica consecutiva por até 28 dias ou mais, período esse requerido pelas agências européias de saúde pública para análise de substâncias *in vivo* (Kim; Ingber, 2013).

Vale salientar que a utilização dos *chips* humanos pode ser associada a outras técnicas já consagradas como na pesquisa de processos

biológicos (microfluorimetria), metabolismo celular (espectroscopia de massa, reação em cadeia da polimerase), dentre outras técnicas (Esch; Bahinski, 2015).

Neste amplo cenário de discussões, percebe-se que o planejamento e exploração racionais de recursos naturais, de diversas origens, com enfoque nos estudos de bioprospecção, são ferramentas essenciais para avanços nas áreas de ciência, tecnologia e inovação brasileiras. Percebe-se que diversas áreas do conhecimento e setores estratégicos da economia, tais como: o farmacêutico, cosmetológico, alimentício, etc. se beneficiam a partir de formação de redes de bioprospecção. Nos últimos anos, estudos de bioprospecção envolvendo recursos naturais, oriundos da terra ao mar, são promissores e traduzem perspectivas favoráveis a aplicações tecnológicas e inovadoras na terapia do câncer.

REFERÊNCIAS

Aggarwal S, Ichikawa H, Takada Y, Sandur SK, Shishodia S, Aggarwal BB. Curcumin (diferuloylmethane) downregulates expression of cell proliferation and antiapoptotic and metastatic gene products through suppression of I{kappa}B{alpha} kinase and Akt activation. Mol Pharmacol. 2006;69(1):195–206.

Akerele, O. WHO. Guidelines for the Assessment of Herbal Medicines. HerbalGram, (1993) 28:13-20.

Alessi DR, Andjelkovic M, Caudwell B, Cron P, Morrice N, Cohen P, et al. Mechanism of activation of protein kinase B by insulin and IGF-1. EMBO J 1996;15(23): 6541–6551.

Amann A. Zwierzina M., Gamerith G., Bitsche M., Huber JM., Vogel, G.F., Blumer M., Koeck S., Pechriggl E.J., Kelm J.M., Hilbe W., Zwierzina H. Development of an Innovative 3D Cell Culture System to Study Tumour – Stroma Interactions in Non-Small Cell Lung Cancer Cells. 2014, 9(3):e92511.

Amant F, Lorusso D, Mustea A, Duffaud F, Pautier P. Management Strategies in Advanced Uterine Leiomyosarcoma: Focus on Trabectedin. Sarcoma. 2015 Jan;2015:704124.

Ali B.; Al-Wabel NA.; Shams S.; Ahamad A.; Alam Khan S.; Anwar F. Essential oils used in aromatherapy: A systemic review. Asian Pac J Trop Biomed 2015, x(x): 1–11.

Aquino, DS. Por que o uso racional de medicamentos deve ser uma prioridade? Ciên. Sau. Col. 2008, 13:733-736.

Arbiser, J.L,.Kau,T., Konar,M., Narra,K. Ramchandran,R. Summers, S.A., Vlahos, C.J. Ye, K. Perry,B.N., Matter, W., Fischl, A., Cook, J., Silver, P.A., Bain, J., Cohen, P. Whitmire, D. Furness, S. Govindarajan, B. Bowen J.P. Solenopsin, the alkaloidal component of the fire ant (*Solenopsis invicta*), is a naturally occurring inhibitor of phosphatidylinositol-3-kinase signaling and angiogenesis Blood, 109 (2007), pp. 560–565.

Arif JM, Al-Hazzani AA, Kunhi M, Al-Khodairy F. Novel Marine Compounds: Anticancer or Genotoxic? J Biomed Biotechnol. 2004 Jan;2004(2):93–98

Astolfi Filho S, Silva CGN, Bigi MFMA. Bioprospecção e biotecnologia. In: Parcerias Estratégicas / Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação v. 19, n. 38, p. 45-80, jan-jun 2014 Brasília-DF.

Atashrazm F, Lowenthal RM, Woods GM, Holloway AF, Dickinson JL. Fucoidan and cancer: a multifunctional molecule with anti-tumor potential. Mar Drugs. 2015 Apr;13(4):2327–2346.

Au LC, Lin SB, Chou JS, Teh GW, Chang KJ, Shih CM. Molecular cloning and sequence analysis of the cDNA for ancrod, a thrombin-like enzyme from the venom of *Calloselasma rhodostoma*. Biochem J. (1993) 1;294 (Pt 2):387-390.

Balick, M. J. & Fox, P. A., Plants, people and culture – the science of ethnobotany, Scientific American Library, 1996.

Barreiro, G.; Guimaraes, C. R. W.; Tubert-Brohman, I.; Lyons, T. M.; Tirado-Rives, J.; Jorgensen, W. L.; J. Chem. Inf. Model. 2007, 47, 2416.

Barreiro, EJ.; Bolzani VS. Biodiversidade: fonte potencial para a descoberta de fármacos. Quim. Nova. 2009, 32(3):679-688.

Berlinck, RGS. Bioprospecção no Brasil: um breve histórico. 2012. Cienc. Cult. 64(3):27-30.

Bezerra DP, Marinho Filho JD, Alves AP, Pessoa C, De Moraes MO, Pessoa OD, Torres MC, Silveira ER, Viana FA, Costa-Lotufo LV Antitumor activity of the essential oil from the leaves of *Croton regelianus* and its component ascaridole. Chem Biodivers. 2009, 6: 1224–1231.

Bhanot A.; Sharma, R.; Noolvi MN. Natural sources as potential anti--cancer agents: A review. International Jour. of Phytomed. 3 (2011) 09-26.

Bhatia S.; Ingber DE. Microfluidic organs-on-chips. Nature biotechnology 2014, (32)8:760-772.

Bhatnagar I, Kim S-K. Marine antitumor drugs: status, shortfalls and strategies. Mar Drugs. 2010 Jan;8(10):2702–2720.

Bhattacharjee B, Chatterjee J. Identification of proapoptopic, antiinflammatory, anti- proliferative, anti-invasive and antiangiogenic targets of essential oils in cardamom by dual reverse virtual screening and binding pose analysis. Asian Pac J Cancer Prev 2013; 14(6): 3735-3742.

Bhise NS.; Ribas J.; Manoharan V.; Zhang YS.; Polini A.; Massa S.; Dokmeci M.; Khademhosseini A. Organ-on-a-chip platforms for studying drug delivery systems J Control Release. 2014, 28(190):82-93.

Bilan MI, Grachev AA, Shashkov AS, Kelly M, Sanderson CJ, Nifantiev NE, et al. Further studies on the composition and structure of a fucoidan preparation from the brown alga *Saccharina latissima*. Carbohydr Res. 2010 Sep 23;345(14):2038–2047.

Bolzani, VS. Tendências – Biodiversidade e Bioprospecção no Brasil. 2016. Cienc. Cult. 68(1):1-5.

Bones VC, Molento CFM. Alternativas ao uso de animais de laboratório no Brasil Veterinária em Foco. (2012), 10(1):103-112.

Brandão HN.; David JP.; Couto RD.; Nascimento JAP.; David JM. Química e farmacologia de quimioterápicos antineoplásicos derivados de plantas. (2010) Quim. Nova, 33(6):1359-1369.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Medida Provisória nº2.186-16/2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/mpv/2186-16.htm. Acesso em 25/02/2016.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente/CGEN. "Autorizações concedidas". Disponível em: http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=222&idConteudo=9201&id Menu=9847. Acesso em 25/02/2016.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente/ CGEN. "Orientação técnica Nº 7, de 30 de julho de 2009". Disponível em: http://www.cnpq.br/documents/10157/2e826877-9db4-4774-927e-4d77ff9a1ae6. Acesso em 28/03/2016.

Brasil, Portaria nº 2510 do Gabinete do Ministro, de 19 de dezembro de 2005. Institui a Comissão para Elaboração da Política de Gestão Teconológica na âmbito do Sistema Único de Saúde – CPGT – Ministério da Saúde, 2005.

Brasil, Decreto nº 6.041 de 8 de fevereiro de 2007. Institui a Política de Desenvolvimento em Biotecnologia, cria o Comitê Nacional de Biotecnologia e dá outras providências. Brasília, DF, 2007.

Braz Filho, R. Contribuição da fitoquímica para o desenvolvimento de um país emergente. Quím. Nova (2010), 33(1):229-239.

Bubien, J.K., Ji, H.L., Gillespie,G.Y, Fuller,C.M, Markert, J.M., Mapstone, T.B., Benos D.J. Cation selectivity and inhibition of malignant glioma Na^+ channels by Psalmotoxin 1 Am. J. Physiol. Cell Physiol., 287 (2004), pp. C1282–C1291.

Butler MS. The role of natural product chemistry in drug discovery. J Nat Prod. 2004; 67:2141–2153.

Calixto JB. Biodiversidade como fonte de medicamentos. Cienc. Cult., São Paulo, 2003, 55(3):37-39.

Cazarin, KCC; Corrêa, CL; Zambrone FAD. Reduction, refinement and replacement of animal use in toxicity testing: an overview. Rev. Bras. Cienc. Farm. 2004. 40(3):289-299.

Chadwick DJ; Marsh J.; Bioactive Compounds from plants (1990), John Wiley, New York.

Chauí M. Convite à Filosofia. 6a ed. São Paulo, Editora Ática, 1997.

Chen L, Xiao Z, Meng Y, Zhao Y, Han J, et al. (2012) The enhancement of cancer stem cell properties of MCF-7 cells in 3D collagen scaffolds for modeling of cancer and anti-cancer drugs. Biomaterials 33: 1437–1444.

Chen, H.M., Wang, W. Smith, D. Chan S.C. Effects of the anti-bacterial peptide cecropin B and its analogs, cecropins B-1 and B-2, on liposomes, bacteria, and cancer cells. Biochim. Biophys. Acta, 1336 (1997), pp. 171–179.

Chen YH, Dai HJ, Chang HP. Suppression of inducible nitric oxide production by indole and isothiocyanate derivatives from Brassica plants in stimulated macrophages. Planta Med 2003;69(8):696–700.

Chu, S.T. H.H. Cheng, C.J. Huang, H.C. Chang, C.C. Chi, H.H. Su, S.S. Hsu, J.L. Wang, I.S. Chen, S.I. Liu, Y.C. Lu, J.K. Huang, C.M. Ho, C.R. Jan Phospholipase A2-independent Ca2+ entry and subsequent apoptosis induced by melittin in human MG63 osteosarcoma cells Life Sci., 80 (2007), pp. 364–369.

Colín-González, AL.; Santana, RA.; Silva-Islas, CA. Chánez-Cárdenas, ME. Santamaría, A.; Maldonado PD. The Antioxidant Mechanisms Underlying the Aged Garlic Extract- and S-Allylcysteine-Induced Protection. Oxidative Medicine and Cellular Longevity. 2012.12.

Cordell, G.A., Quinn-Beattie, M.L.; Farnsworth, N.R. The Potential of Alkaloids in Drug Discovery. Phytother. Res., 2001, 15:183-205.

Corzo G., Villegas E., Gomez-Lagunas F., Possani L.D., Belokoneva OS, Nakajima T. Oxyopinins, large amphipathic peptides isolated from the

venom of the wolf spider *Oxyopeskitabensis* with cytolytic properties and positive insecticidal cooperativity with spider neurotoxins. J. Biol. Chem., 277 (2002), pp. 23627–23637.

Costa M, Garcia M, Costa-Rodrigues J, Costa MS, Ribeiro MJ, Fernandes MH, et al. Exploring bioactive properties of marine cyanobacteria isolated from the Portuguese coast: high potential as a source of anticancer compounds. Mar Drugs. 2014 Jan;12(1):98–114.

Costa-Lotufo LV, Wilke DV, Jimenez PC, Epifanio R de A. Organismos marinhos como fonte de novos fármacos: histórico & perspectivas. Quim Nova. SBQ; 2009;32(3):703–716.

Cragg GM. et al. The Taxol Supply Crisis. New NCI policies for handling the large-scale production of novel natural product anticâncer and anti--HIV agents. Journal of Natural Products, 1993, 56(10):1.657-1.668.

Csoka, A.B. Frost,G.I. Stern R. The six hyaluronidase like genes in the human and mouse genomes Matrix Biol., 20 (2001), pp. 499–508.

Cuevas C, Francesch A. Development of Yondelis (trabectedin, ET-743). A semisynthetic process solves the supply problem. Nat Prod Rep. 2009 Mar;26(3):322–337.

Dean, W. A ferro e fogo – a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira. Companhia das Letras, São Paulo, 2010.

Deb DD, Parimala G, Saravana Devi S, Chakraborty T. Effect of thymol on peripheral blood mononuclear cell PBMC and acute promyelotic cancer cell line HL-60. Chem Biol Interact. 2011, 193:97–106.

Debin J.A., Strichartz G. Chloride channel inhibition by the venom of the scorpion Leiurus quinquestriatus Toxicon, 29 (1991), pp. 1403–1408.

de Goeij BE, Lambert JM. New developments for antibody-drug conjugate-based therapeutic approaches. Curr Opin Immunol. 2016 Jun 7;40:14–23.

Deng Y, Wang CC, Choy KW, Du Q, Chen J, Wang Q, Li L, Chung TK, Tang T. Therapeutic potentials of gene silencing by RNA interference: principles, challenges, and new strategies. Gene. 2014, 538(2):217-27.

Deshane J., Garner C.C., Sontheimer H. Chlorotoxin inhibits glioma cell invasion via matrix metalloproteinase-2 J. Biol. Chem., 278 (2003), pp. 4135-4144.

Dong Y, Yin S, Li J, Jiang C, Ye M, Hu H. Bufadienolide compounds sensitize human breast cancer cells to TRAIL-induced apoptosis via inhibition of STAT3/Mcl-1 pathway. Apoptosis. 2011, 16(4):394-403.

Duke R.C., Witter R.Z., Nash P.B., Young J.D.E., Ojcius D.M. Cytolysis mediated by ionophores and pore-forming agents: role of intracellular calcium in apoptosis FASEB J., 8 (1994), pp. 237–246.

Dybdal-Hargreaves NF, Risinger AL, Mooberry SL. Eribulin mesylate: mechanism of action of a unique microtubule-targeting agent. Clin Cancer Res. 2015 Jun 1;21(11):2445–2452.

Dyshlovoy SA, Honecker F. Marine Compounds and Cancer: Where Do We Stand? Mar Drugs. 2015 Sep;13(9):5657–5665.

Eckert, H.; Bojorath, J.; Molecular similarity analysis in virtual screening: foundations, limitations and novel approaches. Drug Discov. Today 2007, 12(5-6):225-233.

Edris, A. E. Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents: a review. Phytotherapy Research, 2007, 21(4):308- 323.

Eggert,U.S. The why and how of phenotypic small-molecule screens. Nat. Chem.Biol. (2013), 9, 206–209.

Esch E.W., Bahinski A., Huh D. Organs-on-chips at the frontiers of drug discovery. Nature Reviews Drug Discovery. (2015). 14(4): 248–260.

Escoubas, G., Corzo, PE. Villegas, K.J. Barnham, W. He, R.S. Norton, T. Nakajima Characterization of unique amphipathic antimicrobial peptides from venom of the scorpion *Pandinusimperator.* Biochem. J., 359 (2001), pp. 35–45.

Eskes C. Validation of Alternative in Vitro Assays for Toxicity Evaluation – Workshop Challenges and perspectives in research on alternatives to animal testing – FAPESP – 2015.

Fang Y. Label-free drug discovery. Front Pharmacol. (2014) 27;5:52.

Felício R de, Oliveira ALL de, Debonsi HM. Bioprospecção a partir dos oceanos: conectando a descoberta de novos fármacos aos produtos naturais marinhos. Cienc Cult. Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência; 64(3):39–42.

Ferraz R.P.C.; Bomfim D.S.; Carvalho N.C.; Soares M.B.P.; Da Silva T.B.; Machado W.J.; Prata A.P.N.; Costa E.V.; Moraes V.R.S.; Nogueira P.C.L.; Bezerra DP. Cytotoxic effect of leaf essential oil of *Lippia gracilis* Schauer (Verbenaceae). Phytomed. 2013, 20:615– 621.

Ferreira RS., Oliva G.; Andricopulo AD. Integrating virtual and high--throughput screening: opportunities and challenges in drug research and development. Quím. Nova 2011. (34)10:1770-1778.

Fontes JEN, Ferraz RP, Britto AC, Carvalho AA, Moraes MO, Pessoa C, Costa EV, Bezerra DP. Antitumor effect of the essential oil from leaves of *Guatteria pogonopus* (Annonaceae). Chem Biodivers. 2013, 10(4):722-729.

Fu,Y.J., Yin L.T., Liang A.H., Zhang C.F., Wang W., Chai B.F., Yang, J.Y., Fan X.J. Therapeutic potential of chlorotoxin-like neurotoxin from the Chinese scorpion for human gliomas Neurosci. Lett., 412 (2007), pp. 62–67.

Gao F., Li H., Chen Y.D., Yu X.N., Wang R., Chen X.L. Up-regulation of PTEN involved in scorpion venom-induced apoptosis in a lymphoma cell line Leuk. Lymphoma, 50 (2009), pp. 633–641.

Gebhardt, R. *In vitro* screening of plant extracts and phytopharmaceuticals: novel approaches for the elucidation of active compounds and their mechanisms. Planta Med., 2000, 66:99-105.

Geppert H.; Vogt, M.; Bajorath, J.; Chem. Inf. Model. 2010, 50, 205.

Germano MG. Uma nova ciência para um novo senso comum [online]. Campina Grande: EDUEPB, 2011. 400 p.

Gomes NGM, Lefranc F, Kijjoa A, Kiss R. Can Some Marine-Derived Fungal Metabolites Become Actual Anticancer Agents? Mar Drugs. 2015 Jun;13(6):3950–3991.

Gu M, Dhanalakshmi S, Mohan S, Singh RP, Agarwal R. Silibinin inhibits ultraviolet B radiation-induced mitogenic and survival signaling, and associated biological responses in SKH-1 mouse skin. Carcinogenesis 2005;26(8):1404–13.

Guido, R. V. C.; Castilho, M. S.; Mota, S. G. R.; Oliva, G.; Andricopulo, A. D.; QSAR Comb. Sci. 2008b, 27, 768.

Guido, R. V. C.; Oliva, G.; Montanari, C. A.; Andricopulo, A. D.; J. Chem. Inf. Model. 2008a, 48, 918.

Gupta SD., Gomes A., Debnath, A., Saha, A. Gomes A. Apoptosis induction in human leukemic cells by a novel protein Bengalin, isolated from Indian black scorpion venom: through mitochondrial pathway and inhibition of heat shock proteins. Chem. Biol. Interact., 183 (2010), pp. 293–303.

Hait W.N., Cadman E., C. Benz, Cole J., Weiss B. Inhibition of growth of L1210 cyclic leukemic cells by inhibitors of nucleotide phosphodiesterase and calmodulin Cancer Res., 2 (1983), pp. 5–9.

Han SS, Keum YS, Seo HJ, Surh YJ. Curcumin suppresses activation of NF-kappaB and AP-1 induced by phorbol ester in cultured human promyelocytic leukemia cells. J Biochem Mol Biol 2002;35(3):337–342.

Hartewell, JL. Plants used against cancer. A survevy Lloydia (cinci), 1967, 30:379-436.

Harvey AL.; Edrada-Ebel R.; Quinn RJ. The re-emergence of natural products for drug discovery in the genomics era. Nat Rev Drug Discov. 2015;14(2):111-129.

Heinen TE, da Veiga AB Arthropod venoms and cancer. Toxicon. 2011 15;57(4):497-511.

Hergenhahn M, Soto U, Weninger A, Polack A, Hsu CH, Cheng AL, et al. The chemopreventive compound curcumin is an efficient inhibitor of Epstein–Barr virus BZLF1 transcription in Raji DR-LUC cells. Mol Carcinogen 2002;33(3):137–45.

Hess MW, Pfaller K, Ebner HL, Beer B, Hekl D, et al. (2010) 3D versus 2D cell culture implications for electron microscopy. Methods Cell Biol 96: 649–670.

Holle, L., Song W., Holle, E., Wei,Y., Wagner,T., Yu X. A matrix metalloproteinase 2 cleavable melittin/avidin conjugate specifically targets tumor cells in vitro and in vivo Int. J. Oncol., 22 (2003), pp. 93–98.

Honório, K. M.; Polikarpov, I.; Garratt, R.; Andricopulo, A. D.; J. Mol. Graphics Modell. 2007, 25, 921.

Honório, K. M.; Polikarpov, I.; Garratt, R.; Andricopulo, A. D.; Lett. Drug Des. Discov. 2006, 3, 261.

Hsu H-Y, Lin T-Y, Wu Y-C, Tsao S-M, Hwang P-A, Shih Y-W, et al. Fucoidan inhibition of lung cancer *in vivo* and *in vitro* : role of the Smurf2--dependent ubiquitin proteasome pathway in TGFβ receptor degradation. Oncotarget. 2014 Sep 15;5(17):7870–85.

Intercontinental Marketing Services (IMS). Health. Disponível em: <http://www.imshealth.com/portal/site/imshealth>. Acesso em: 27/02/2016.

Ishikawa Y, Sugiyama H, Stylianou E, Kitamura M. Bioflavonoid quercetin inhibits interleukin-1-induced transcriptional expression of monocyte chemoattractant protein-1 in glomerular cells via suppression of nuclear factor-kappaB. J Am Soc Nephrol 1999;10(11):2290–2296.

Johnson PJ, White Y, Woolf IL, Williams R. "Reptilase time in cirrhosis and hepatocellular carcinoma". Br Med J (1977) 2 (6091):869–870.

Kang G, Kong PJ, Yuh YJ, Lim SY, Yim SV, Chun W, et al. Curcumin suppresses lipopolysaccharide-induced cyclooxygenase-2 expression by inhibiting activator protein 1 and nuclear factor kappab bindings in BV2 microglial cells. J Pharmacol Sci 2004;94(3):325–328.

Kekre N., Griffin C., McNulty J. Pandey S. Pancratistatin causes early activation of caspase-3 and the flipping of phosphatidyl serine followed by rapid apoptosis specifically in human lymphoma cells.2005. Cancer Chemother. Pharmacol. 56, 29-38.

Kim SO, Chun KS, Kundu JK, Surh YJ. Inhibitory effects of [6]-gingerol on PMA-induced COX-2 expression and activation of NF-kappaB and p38 MAPK in mouse skin. Biofactors 2004;21(1–4):27–31.

Kim, H. J. & Ingber, D. E. Gut-on-a-chip microenvironment induces human intestinal cells to undergo villus differentiation. Integr. Biol. (Camb.) (2013). 5:1130–1140.

Kingston DGI. Modern Natural Products Drug Discovery and its Relevance to Biodiversity Conservation. J Nat Prod. 2011 March 25; 74(3): 496–511.

Kwak J-Y. Fucoidan as a marine anticancer agent in preclinical development. Mar Drugs. 2014 Feb;12(2):851–870.

Latallo, Z.S., Wegrzynowicz, Z., Teisseyre, E. & Kopec, M. Simple and rapid evaluation of the intravascular coagulation and fibrinolytic states by application of protamine sulphate and reptilase R. Scand J Haematol Suppl, (1971) 13, 387-388.

Leitão, A.; Andricopulo, A. D.; Oliva, G.; Pupo, M. T.; Marchi, A. A.; Vieira, P. C.; Silva, M. F. G. F.; Ferreira, V. F.; Sa, M. M.; Montanari, C. A.; Bioorg. Med. Chem. Lett. 2004, 14, 2199.

Li M, Zhang Z, Hill DL, Chen X, Wang H, Zhang R. Genistein, a dietary isoflavone, down-regulates the MDM2 oncogene at both transcriptional and posttranslational levels. Cancer Res 2005;65(18):8200–8208.

Lippens G., Najib J., Wodak, S.J. Tartar A. NMR sequential assignments and solution structure of chlorotoxin, a small scorpion toxin that blocks chloride channels Biochemistry, 34 (1995), pp. 13–21.

Loizzo MR, Tundis R, MenichinI F, Saab AM, Statti GA, Menichini F. Antiproliferative effects of essential oils and their major constituents in human renal adenocarcinoma and amelanotic melanoma cells. Cell Prolif. 2008, 41(6):1002–1012.

Lopes, MA.; Nass, LL.; Melo, IS. Bioprospecção – Biotecnologia aplicada a prospecção e uso de serviços e funções da biodiversidade. Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento. 2005. 34:29-35.

Lorenzetti J, Trindade LL, Pires DEP, Ramos FRS. Tecnologia, inovação tecnológica e saúde: uma reflexão necessária. Texto Contexto Enferm, v., 21, n. 2, p. 432-9, 2012.

Luo Y.; Cobb RE.; Zhao H. Recent Advances in Natural Product Discovery. Curr Opin Biotechnol. 2014,0: 230–237.

Macedo EV; Gemal AL. A produção de fitomedicamentos e a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos. Rev. Bras. Farm. (2009) 90(4): 290-297.

Manna SK, Mukhopadhyay A, Aggarwal BB. Resveratrol suppresses TNF--induced activation of nuclear transcription factors NF-kappa B, activator protein-1, and apoptosis: potential role of reactive oxygen intermediates and lipid peroxidation. J Immunol 2000;164(12):6509–6519.

Marchand L. Integrative and complementary therapies for patients with advanced cancer. Ann Palliat Med 2014; 3(3): 160-71.

Markwardt F. Untersuchungen fiber Hirudin. Natur-wissenschaften. 1955;42:537–538.

Matsushita, O.; Okabi A. Clostridial hydrolytic enzymes degrading extracellular components.Toxicon. 2001, 39(11):1769-1780.

Mendelsohn, R. & Balick, M.J. The value of undiscovered pharmaceuticals in tropical forests. Econ. Bot., 1995, 49:223-228.

Mayer AMS, Glaser KB, Cuevas C, Jacobs RS, Kem W, Little RD, et al. The odyssey of marine pharmaceuticals: a current pipeline perspective. Trends Pharmacol Sci. 2010;31(6):255–265.

McFerrin M.B. Sontheimer H. A role for ion channels in glioma cell invasion Neuron Glia Biol., 2 (2006), pp. 39–49.

McLachlan, A., Kekre, N., McNulty, J, Pandey S. Pancratistatin: a natural anti-cancer compound that targets mitochondria specifically in cancer cells to induce apoptosis Apoptosis, 10 (2005), pp. 619–630.

Menez, A.; Stocklin, R.; Mebs D. 'Venomics' or: the venomous systems genome project. Toxicon, 47 (2006), pp. 255–259.

Miguel MG. Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities of Essential Oils: A Short Review. Molecules 2010, 15, 9252-9287.

Miyoshi N, Nakamura Y, Ueda Y, Abe M, Ozawa Y, Uchida K, et al. Dietary ginger constituents, galanals A and B, are potent apoptosis inducers in human T lymphoma Jurkat cells. Cancer Lett 2003;199(2):113–119.

Moore, A.J., Devine, D.A., Bibby M.C. Preliminary experimental anticancer activity of cecropins. Pept. Res., 7 (1994), pp. 265–269.

Morgan RA. Live and Let Die: A New Suicide Gene Therapy Moves to the Clinic Molecular Therapy. 2012, 20(1):11–13.

Mukhopadhyay A, Bueso-Ramos C, Chatterjee D, Pantazis P, Aggarwal BB. Curcumin downregulates cell survival mechanisms in human prostate cancer cell lines. Oncogene 2001;20(52):7597–609.

Nakamura K, Yasunaga Y, Segawa T, Ko D, Moul JW, Srivastava S, et al. Curcumin down-regulates AR gene expression and activation in prostate cancer cell lines. Int J Oncol 2002;21(4):825–830.

Nakamura T, Matsumine A, Sudo A. The value of trabectedin in the treatment of soft tissue sarcoma. Ther Clin Risk Manag. 2016 Jan;12:73–79.

Newman DJ, Cragg GM, Snader KM. Natural products as sources of new drugs over the period 1981–2002. J Nat Prod. 2003;66: 1022–1037.

Newman, DJ.; Cragg, GM. RSC Biomolecular Sciences No 18; Natural Product Chemistry for Drug Discovery. Buss, AD.; Butler, MS., editors. Royal Society of Chemistry; Cambridge, UK: 2010. p. 3-27.

Newman DJ, Cragg GM. Marine-sourced anti-cancer and cancer pain control agents in clinical and late preclinical development. Mar Drugs. 2014 Jan;12(1):255–78.

Novakovic BJ. Immunotoxin – a new treatment option in patients with relapsed and refractory Hodgkin lymphoma. Radiol Oncol. 2015 Dec;49(4):315–319.

Nowak G, Bucha E. Quantitative determination of hirudin in blood and body fluids. Semin Thromb Haemost 1996; 22: 197-202.

Oliveira ACD et al. Technological prospecting for patents on herbal medicines in Brazil. International Research Journal of Biotechnology, 2011,5(2):78-84.

Ownby C.L., Powell J.R, Jiang M.S., Fletcher J.E. Melittin and phospholipase A2 from bee (*Apis mellifera*) venom cause necrosis of murine skeletal muscle *in vivo* Toxicon, 35 (1997), pp. 67–80.

Palma, CM; Palma, SM. Bioprospecção no Brasil: análise crítica de alguns conceitos. 2012. Cienc. Cult. 64(3):22-26.

Park HS, Kim G-Y, Nam T-J, Deuk Kim N, Hyun Choi Y. Antiproliferative activity of fucoidan was associated with the induction of apoptosis and autophagy in AGS human gastric cancer cells. J Food Sci. 2011 Apr;76(3):T77–83.

Patel PS, Varney ML, Dave BJ, Singh RK. Regulation of constitutive and induced NF-kappaB activation in malignant melanoma cells by capsaicin modulates interleukin-8 production and cell proliferation. J Interferon Cytokine Res 2002;22(4):427–435.

Pfeiffer DR., Gudz, TI. Novgorodov SA, Erdahl WL. The peptide mastoparan is a potent facilitator of the mitochondrial permeability transition J. Biol. Chem., 270 (1995), pp. 4923–4932.

Phillipson, J.D. Phytochemistry and medicinal plants. Phytochem, 2001, 56:237-243.

Pimentel V, Vieira V, Mitidieri T, França F, Pieroni JP. Biodiversidade brasileira como fonte da inovação farmacêutica: uma nova esperança? Revista do BNDES, v. 43, p. 41-89, 2015.

Poncet J. The dolastatins, a family of promising antineoplastic agents. Curr Pharm Des. 1999 Mar;5(3):139–162.

Rajab TK., Nelson, PJ., Keung, EZ., Conrad C Suicide Gene Therapy against Cancer. 2013. J Genet Syndr Gene Ther 4(9):1-8.

Rauter AP, Branco I, Bermejo J, Gonzalez AG, Garcia-Grávalos M D, San Feliciano A Bioactive humulene derivatives from Asteriscus vogelii, Phytochem. 2001,56(2): 167-171.

Reddy, L., Odhav, B.; Bhoola, K.D. Natural products for cancer prevention: a global perspective. Pharmac. Therap., 2003, 99:1-13.

Rehn HJ, Reed G. Biotechnology, vols 1-12, VCH-Verlagsgesellchaft mbH, Weinheim, Germany. 1993

Rodrigues,E.G., Dobroff, A.S., Cavarsan, C.F., Paschoalin,T. Nimrichter,L. Mortara,R.A. Santos, E.L. Fázio, M.A. Miranda,A. Daffre, S. Travassos L.R. Effective topical treatment of subcutaneous murine B16F10-Nex2 melanoma by the antimicrobial peptide gomesin Neoplasia, 10 (2008), pp. 61–68.

Saccaro Júnior, NL. Desafios da Bioprospecção no Brasil. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content &view=article&id=7066. Acesso em: 28/02/2016.

Saénz TW, GarciaCE. Ciência, Inovação e Gestão Tecnológica CNI/IEL/ SENAI/ABIPTI, Brasília, 2002.

Sah JF, Balasubramanian S, Eckert RL, Rorke EA.Epigallocatechin-3--gallate inhibits epidermal growth factor receptor signaling pathway. Evidence for direct inhibition of ERK1/2 and AKT kinases. J Biol Chem 2004; 279 (13):12755–12762.

Salum, L. B.; Dias, L. C.; Andricopulo, A. D.; J. Braz. Chem. Soc. 2009, 20, 693.

Salum, L. B.; Polikarpov, I.; Andricopulo, A. D.; J. Chem. Inf. Model. 2008, 48, 2243.

Senthilkumar K, Kim S-K. Anticancer effects of fucoidan. Adv Food Nutr Res. 2014 Jan;72:195–213.

Shaposhnikova, V.V., Egorova M.V,. Kudryavtsev A.A., Levitman M.Kh. Korystov Y.N. The effect of melittin on proliferation and death of thymocytes FEBS Lett., 410 (1997), pp. 285–288.

Sharma S.V. Melittin resistance: a counter selection for *ras* transformation. Oncogene, 7 (1992), pp. 193–201.

Shebaby WN.; Mroueh M.; Bodman-Smith K.; Mansour A.; Taleb RI.; Daher CF.; El-Sibai M. Daucus carota pentane-based fractions arrest the cell cycle and increase apoptosis in MDA-MB-231 breast cancer cells. BMC Complementary and Alternative Medicine 2014, 14:387-396.

Shishodia S, Majumdar S, Banerjee S, Aggarwal BB. Ursolic acid inhibits nuclear factor-kappaB activation induced by carcinogenic agents through suppression of IkappaBalpha kinase and p65 phosphorylation: correlation with downregulation of cyclooxygenase 2, matrix metalloproteinase 9, and cyclin D1. Cancer Res 2003;63(15):4375–4383.

Siedlakowski P., McLachlan-Burgess A. Griffin C., Tirumalai,S.S.,. McNulty J., Pandey S. Synergy of Pancratistatin and Tamoxifen on breast cancer cells in inducing apoptosis by targeting mitochondria Cancer Biol. Ther., 7 (2008), pp. 376–384.

Smith, CG.; Vane, J.R. The Discovery of Captopril. The FASEB Journal (2003) 17 (8): 788-789.

Sonoda, Y. Hada,N. Kaneda,T. Suzuki,T. Ohshio,T. Takeda,T Kasahara. T. A synthetic glycosphingolipid-induced antiproliferative effect in melanoma cells is associated with suppression of FAK, Akt, and Erk activation Biol. Pharm. Bull., 31 (2008), pp. 1279–1283.

Soroceanu L. Gillespie Y. Khazaeli, M.B. Sontheimer H. Use of chlorotoxin for targeting of primary brain tumors Cancer Res., 58 (1998), pp. 4871–4879.

Soroceanu L. Manning Jr., T.J., Sontheimer H. Modulation of glioma cell migration and invasion using Cl^- and K^+ ion channel blockers J. Neurosci., 19 (1999), pp. 5942–5954.

Souza, B.M., da Silva, A.V., Resende,V.M., Arcuri,H.A. Dos Santos Cabrera, M.P. J. Ruggiero Neto, M.S. Palma Characterization of two novel polyfunctional mastoparan peptides from the venom of the social wasp *Polybia paulista* Peptides, 30 (2009), pp. 1387–1395.

Stocker K. Application of snake venom proteins in the diagnosis of hemostatic disorders. In: Medical Use of Snake Venom Proteins, Stocker K, ed. Boca Raton: CRC-Press 1990; 213-252.

Suttmann, H., M. Retz, F. Paulsen, J. Harder, U. Zwergel, J. Kamradt, B. Wullich, G. Unteregger, M. Stöckle, J. Lehmann Antimicrobial peptides of the Cecropin-family show potent antitumor activity against bladder cancer cells. BMC Urol., (2008)3:8.

Swami U, Shah U, Goel S. Eribulin in Cancer Treatment. Mar Drugs. 2015 Aug;13(8):5016–5058.

Taketo, M.M.; Sonoshita M. Phospholipase A2 and apoptosis Biochim. Biophys. Acta, 1585 (2002), pp. 72–76.

Tang FY, Nguyen N, Meydani M. Green tea catechins inhibit VEGF--induced angiogenesis in vitro through suppression of VE-cadherin phosphorylation and inactivation of Akt molecule. Int J Cancer 2003;106(6): 871–878.

Tian HY, Yuan XF, Jin L, Li J, Luo C, Ye WC, Jiang RW. A bufadienolide derived androgen receptor antagonist with inhibitory activities against prostate cancer cells. Chem Biol Interact. 2014, 25(207):16-22.

Torres-Larios, A., Gurrola, G.B., Zamudio, F.Z., Possani, L.D. Hadrurin, a new antimicrobial peptide from the venom of the scorpion Hadrurus aztecus. Eur. J. Biochem., 267 (2000), pp. 5023–5031.

Triplett DA, Stocker KF, Unger GA, Barna LK. The Textarin/Ecarin ratio: a confirmatory test for lupus anticoagulants. Thromb Haemost 1993; 70: 925-931.

Tyagi AK, Singh RP, Agarwal C, Chan DC, Agarwal R. Silibinin strongly synergizes human prostate carcinoma DU145 cells to doxorubicin--induced growth Inhibition, G2- M arrest, and apoptosis. Clin Cancer Res 2002;8(11):3512–3519.

Tytgat J., Debont T. Rostoll K., Müller G.J., Verdonck F., Daenens P., van der Walt J.J., Possani L.D. Purification and partial characterization of a 'short' insectotoxin-like peptide from the venom of the scorpion *Parabuthus schlechteri* FEBS Lett., 441 (1998), pp. 387–391.

United Nations University. Institute of Advanced Studies (UNUIAS). Report: Bioprospecting in Antartica, 2005. Disponível em: <http://www.ias.unu.edu/ binaries2/antarctic_bioprospecting.pdf>. Acesso em: 28/02/2016.

Ustyuzhanina NE, Bilan MI, Ushakova NA, Usov AI, Kiselevskiy M V, Nifantiev NE. Fucoidans: pro- or antiangiogenic agents? Glycobiology. 2014 Dec;24(12):1265–1274.

Van Cott EM, Smith EY, Galanakis DK (2002). "Elevated fibrinogen in an acute phase reaction prolongs the reptilase time but typically not the thrombin time". Am. J. Clin. Pathol. 118 (2): 263–268.

Veiga, ABG, Berger, M., Guimarães J.A. *Lonomia obliqua* venom: Pharmaco-toxicological effects and biotechnological perspectives M.E. De Lima, A.M.C. Pimenta, M.F. Martin-Eauclaire, R.B. Zingali, H. Rochat (Eds.), Animal Toxins: State of the Art: Perspectives in Health and Biotechnology, UFMG, Belo Horizonte (2009), pp. 372–390.

Viegas Júnior C.; Bolzani VS.; Barreiro EJ. Os produtos naturais e a química medicinal moderna. Quim. Nova, (2006) 29 (2):326-337.

Veiseh O., Gunn J.W., Kievit F.M., Sun C., Fang C., Lee J.S., Zhang M. Inhibition of tumor-cell invasion with chlorotoxin-bound superparamagnetic nanoparticles Small, 5 (2009), pp. 256–264.

Veiseh M., Gabikian,P., Bahrami S.B., Veiseh O., Zhang M., Hackman R.C., Ravanpay A.C. Stroud M.R., Kusuma Y., Hansen S.J., Kwok D., Munoz N.M., Sze R.W., Grady W.M., Greenberg N.M., Ellenbogen R.G., Olson J.M. Tumor paint: a chlorotoxin: Cy5.5 bioconjugate for intraoperative visualization of cancer foci Cancer Res., 67 (2007), pp. 6882–6888.

Veiseh O., Sun C., Fang C., Bhattarai N., Gunn J., Kievit F., Du K., Pullar B., Lee, D. Ellenbogen R.G., Olson J., Zhang M. Specific targeting of brain tumors with an optical/magnetic resonance imaging nanoprobe across the blood-brain barrier. Toxicon, 39 (2001), pp. 1769–1780.

Verdonck F. Bosteels S., Desmet J., Moerman L., Noppe W., Willems J., Tytgat J., Van der Walt J. A novel class of pore-forming peptides in the venom of *Parabuthus schlechteri* Purcell (Scorpions: Buthidae). Cimbebasia, 16 (2000), pp. 247–260.

Viotti EB. Fundamentos e Evolução dos Indicadores de CT&I in Viotti e Mariano de M. Macedo (editores) – Indicadores de Ciência e Tecnologia e Inovação no Brasil – Editora Unicamp, Campinas, 2003, 616 p

Wang, H.K.; Lee, K.H. Plant-derived anticancer agents and their analogs currently in clinical use or in clinical trials. Bot. Bull. Acad. Sinica, 1997, 38:225.

Weber, K. C.; Salum, L. B.; Honório, K. M.; Andricopulo, A. D.; da Silva, A. B. F.; Eur. J. Med. Chem. 2010, 45, 1508.

Yang G, Zhang Q, Kong Y, Xie B, Gao M, Tao Y, et al. Antitumor activity of fucoidan against diffuse large B cell lymphoma in vitro and in vivo. Acta Biochim Biophys Sin (Shanghai). 2015 Nov;47(11):925–31.

Yang WQ; Zhang Y. RNAi-mediated gene silencing in cancer therapy. Expert Opin Biol Ther.2012 12(11):1495-504

Yoshida T, Ozawa Y, Kimura T, Sato Y, Kuznetsov G, Xu S, et al. Eribulin mesilate suppresses experimental metastasis of breast cancer cells by reversing phenotype from epithelial-mesenchymal transition (EMT) to mesenchymal-epithelial transition (MET) states. Br J Cancer. 2014 Mar 18;110(6):1497–1505.

Yvon D. Paclitaxel ranks first among world's anti-cancer drugs. Articles Factory, 28 fev. 2012.

Zhao, S. Du,X.Y. Chai,M.Q. Chen,J.S.,. Zhou, Y.C Song J.G. Secretory phospholipase A2 induces apoptosis via a mechanism involving ceramide generation Biochim. Biophys. Acta, 1581 (2002), pp. 75–88.

SURTO DE DENGUE NA ÁREA METROPOLITANA DE BUENOS AIRES. Experiência do hospital de doenças infecciosas F. J. Muñiz

Agustin Seijo
Alfredo Seijo
Yamila Romer
Manuel Espinosa
Jessica Monroig
Sergio Giamperetti
Diego Ameri
Leslie Anttonelli

SURTO DE DENGUE NA ÁREA METROPOLITANA DE BUENOS AIRES. Experiência do hospital de doenças infecciosas F. J. Muñiz

INTRODUÇÃO

O vetor: o principal vetor é o *aedes aegypti,* causador de quase a totaliadde ds casos, Sem dúvida, esta comprobado que o Aedes Albopictus é um vetor eficiente nos quatro sorotipos virais, (em condições de laboratorio exemplares americanos foram competentes para os quatro sorotipos), o que aumenta apossibilidade de trsnamissão vertical (transovariana) com o qual o ciclo de circulação viral em uma região poderia existir na ausencia da infecção humana [1, 2]. Recentes trabalhos de investigação de laboratorios e em campo tem demonstrado também que o A. *aegypti* poderia ter este mecanismo de transmissão. Isso pode mudar no futuro, e de forma dramática, a epidemiologia da doença. Por seus habitos rural /urbano o A. albopictus é um vetor adequado para intermediar entre os ciclos urbanos e silvestre da febre amarela (no ciclo silvestre de vetores da febre amarela são mosquitos do gênero Haemogogus). Compete com sucesso com o A. aegypti, mostrando uma ampla área de circulação mundial mais ampla devido à sua maior resistência a fatores climáticos. Foi comprovado seu papel na transmissão natural da dengue na Ásia. *A. albopictus* como um mosquito aegypti não são americanos. Eles foram introduzidos da África (século XVII ou XVIII) e Ásia (século XX), respectivamente. *A albopictus* foi encontrado de forma permanente no Texas, EUA, em 1985; no Brasil em 1986 e a partir de 1993 na República Dominicana e México. De rápida distribuição pelo Brasil, verificou-se na província de Missões em 1997 e atualmente (2011) foi reconhecido em Porto Iguaçu. É provável que tenha uma maior distribuição.

Situação epidemiológica mundial: Na década de noventa foram relatados epidemias de dengue e dengue hemorrágica em países da África, Oceania, América e Ásia. O sudeste asiático atravessa de vários anos uma situação de hiperendemicidade incontrolável (circulação simultâna de varios sotipos) com epidemias de várias centenas de milhares de casos anuais (em 1998: Vietnam 234.866 casos, 71.000 casos na Indonésia). Considera-se que a população mundial em risco de dengue supera a superior a 2 000 milhões de pessoas, são infectadas anualmente entre 80 e 100 milhões, 500.000 são hospitalizadas, morrendo 25 mil pessoas, e é a décima causa de morte por doenças infecciosas. Nas Américas se observa um aumento de casos muito acentuado: em 1984 se notificaram 40 mil casos, em 1991 mais de 388 mil, em 1998 730 mil e em 2002 se superou um milhão de casos notificados, com mais de 17 mil casos de DG e cerca de 300 mortos. Estas cifras correspondem a casos notificados, muito inferiores aos casos reais de infectados, que podem ser de até 5 a 10 vezes mais. Apartir do primeiro surto de DG que afetou Cuba em 1981 também se observou esta progressão, no decênio 1980-89: 13.235 casos dos quais 10.312 correspondiam a epidemia de Cuba enquanto que na década de 1990 – 99, foi estimada em 45.000 casos. Além deste aumento constante na incidência, também observa que a maioria dos países enfrentam a dengue grave. Finalizando o século XX, 25 países nas Américas notificaram DG, e 96% dos casos provinham da Colômbia, Nicarágua, México, Venezuela, Brasil e Cuba. A taxa de mortalidade para as Américas é de 1,3%, mas podem variar em diferentes anos e regiões, como o México 8,1% em 1995. Esta dispersão tambe se observa na relação de casos de DG/casos de dengue, que pode ser de 1/6 (Venezuela, 1995) a 1/5.134, Costa Rica, 1995), dependendo de multiplos fatores como a história dos sorotipos circulantes, a suceptibilidade da população e a abundancia do vetor.

Nas Américas circulam os quatro sorotipos virais, na sua maioria dos paises se observa a circulação simultanea de tres e em alguns, quatro sorotipos. Esta caracteristica de condições hiperendemicidade o desenvolvimento do DG.

Com excessão do Chile continental, Canadá e Bermudas, o resto dos países das Américas está infestada de *Aedes aegypti*. Estes últimos dois paises são os unicos estados americanos que não denunciaram casos autóctone. A abundancia do vetor, medida com os indices domiciliares e de Breteau (número de domicilios infectados e o número de casos positivos por cem casas inspeccionados, respectivamente) mostra genericamente o fracasso dos planos de controle do vetor ademais a complexidade de fatores que concorrem para a sua manutenção e expansão urbana. Por outro lado, excedem em muito o nível considerado em risco de transmissão de febre amarela.

Situação epimiologica na Argentina: AMBA está localizado na latitude 25° 40' sul, na zona temperada da região dos Pampas. Possui uma precipitação média anual de 1100 ml, com o dobro de chuvas entre outubro e março e o resto do ano e uma temperatura média (TM) no verão de 24ºC [1].

Mais de 70 % da população da Argentina encontra-se na zona de clima temperado da região geográfica conhecida como Planície Platense, com uma área de 1,2 milhões de km^2. A área Metropolitana de Buenos Aires concentra 31% do total da população do país (40,1 milhões de pessoas). Na mesma região se encontram as outras duas cidades que superam a um milhão de habitantes, Córdoba (1,36) e Rosario (1,16). A cidade de Buenos Aires e 24 municípios da Grande de Buenos Aires que a rodeiam, constituem uma área geográfica de 3.833 km^2, com uma população de 12 milhões de habitantes, que é chamado de Área Metropolitana de Buenos Aires, com problemas comuns para os seus habitantes, incluindo os relacionados com a saúde pública. Um número significativo corresponde a pessoas que migraram para os países vizinhos e outras províncias argentinas. Segundo o censo 2001[1] estão registrados 427 mil habitantes originários de países vizinhos, em sua grande maioria das republicas do Paraguai e Bolívia, porem estimativas oficiais[2] e não oficiais[3] indicariam que vivem entre 500 mil e 1,5 milhões só de habitantes de origens boliviana, a maioria radicados na área metropolitana. Parte desta população, entre fim de dezembro e fevereiro retornam

na forma temporária a seu lugar o rogem. Por outra parte no primeiro trimetre de 2009 ingressaram 1,2 milhões de turistas, dos quais 700 mil são de países limítrofes[4]. Este imortante movimento populacional é um fator de risco para a introdução de enfermidades transmissíveis.

A primeira epidemia de dengue na Argentina em 1916, afetou a região da mesopotâmica, mas não foram relatados casos na cidade de Buenos Aires[5], apesar da circulação do Aedes aegypti presente pelo menos desde 1858 (primeira epidemia de febre amarela). Da mesma forma a reintrodução do vírus da dengue (DEN2) no noroeste da Argentina, em 1998[7] e os surtos posteriores tanto nesta região como no nordeste, tampouco prduziram surtos na área metropolitana. Desde fim de 1999 até abril de 2000, o Praguai aprasentou uma epidemia por DEN1, com uma taxa de incidência de 441.8 por 100 mil habitantes[8], superior aos países que apresentavam a maior taxa até aquele momento. 60% dos pacientes provenientes do Paraguai, assistida em nosso serviço, entrou Área Metropolitana em viremia[9], no entanto um estudo posterior de soroprevalência não indicou transmissão local[10]. Em 2007, o mesmo país teve um surto extendido por DEN3 e em forma similar em 68 % dos pacientes apresentavam viremia, mas apenas se relatou um caso autocone[11]. Nos útimos meses de 2008 seproduziu uma epidemis expendida de dengue por sorotipo DEN1 em vários estados da republica da Bolivia, e logo em várias provincias argentinas. Como nos anos anteriores, a partir de janeiro de 2009, se produziam casos de dengue estrangeira em moradores de Buenos Aires, que voltavam de seu país ou provincia de origem.

O objetivo do presente trabalho é comunicar os casos de dengue assistidos elo serviço de Zoonoses do Hospital de Infecções J.F. Muñiz, a área geográfica, a relação temporal e espacial e as condições locais de transmissão desta enfermidade na área metropolitana, no período janeiro-maio de 2009.

MATERIAIS E MÉTODOS

Nos casos de dengue foram definidos em: a) caso suspeito: paciente cm febre de inicio agudo sem foco na via área superior, b) caso confirmado: paciente com síndrome febril aguda e detecção de soro IgM positivos para o vírus da dengue por ensaio imunoenzimático (ELISA), confirmada pelo Instituto Nacional de Doenças Virais Humanas (INEVH) para descartar sororreatividade cruzada com outros flavivírus; ou nos primeiros quatro dias de evolução reacção em cadeia com uma polimerase com transcriptase inversa (RT – PCR)[13] positivo, b) caso autóctone (transmissão local positiva do vírus): pacientes que permaneceram na área de estudo nos últimos dez dias antes do início do síntomas[14]. Foram analisados dados clinicos e bioquímicos.

Para a análise da distribuição geográfica e a relação temporal e espacial da ocorrência de casos se georereferenciou de acordo a sua residência. Em casos origem estrangeira, foi analisada data de início dos sintomas e dias de viremia para entrar na região. Em casos outocones procedencia e a data de início dos sintomas.

Para a analise das condições locais de transmissão consideramos: 1) a relação da longevidade da fêmea *Aedes aegypti* com a duração do ciclo extrínseca, dependendo da temperatura média, de modo que, se a duração do ciclo extrínseca excedeu a expectativa de vida do vector ocorreria nenhuma transmissão da doença. Para estimar a duração dos ciclos extrinsecos e gonadotrófico, se utilizou o modelo de cinética enzimática propostas por Sharpe e De Micheli[15]

Para este trabalho os dados obtidos temperaturas médias diárias obtidas do Serviço Nacional de Meteorologia, entre 01 de dezembro de 2008 e 31 de Maio de 2009 e se considerou uma longevidade média de 17 dias, estimado em estudos anteriores [12]. Estes dados permitiram estimar variações temporais do risco de transmissão[16], e fazer gráficos de probabilidades para um período determinado[12], 2) se utilizaram índices de abundância vetorial estimados previamente. Em diveros trabalhos, tem se demonstrado a circulação do vetor na área metroplitana entre os mesees de outubro e maio [17,18,19,10,21], 3)

o periodo de viremia de casos estrangeiros, se estimou conhecendo o dia do ingresso com o começo dos sintomas, considerando que a viremia aparece 48 horas antes e dura até cinco dias após o início da febre [14, 22].

RESULTADOS

Entre janeiro e abril de 2009 foram atendidos 1.654 pacientes, dos quais 543 constataram síndrome febril aguda por suspeita de dengue. Conheceram a definição de caso confirmado 227 pacientes (42%). De acordo com o lugar de transmissão de 122 (54,5%) foram estrangeiros e 105 (45,5%) eram nativos.

Sexo feminino: 119 (53%). Estrangeiras femininas 55 (46%). Nativas femininas: 64 (54%).

Idade média 39 ± 16.8 anos (3 a 84). Estrangeiros: média 37 ± 16.2 anos (10 a 73). Nativas: média 41 ± 16.8 anos (3 a 84).

Sobre 22 pacientes com manifestações hemorrágicas, 11 apresentaram petéquias, 1 púrpura, 8 gingivorragia o epistaxis e 1 metrorragia. Nove de 17 pacientes com hemorragias tiveram contagem de plaquetas normais. Em todos os casos as hemorragias foram autolimitadas e em um só se asociaram a sinais de alarme para dengue grave. Nove pacientes apresentaram sinais de alarme para dengue grave[14, 22, 23]. Todos eles tiream exacerbação da dor abdominal entre 4 e 7 o início da febre. Não se detectou extravasão plasmática (por ecografía ou aumento de hematocrito), sete pacientes foram nativos, dois requeriram internação e o resto foi hidratado por via parenteral no modo ambulatorio, sem que se registrassem complicações nos pacientes ambulatoriais nem nos internados. Os casos nativos não tinham antecedentes de endo tido um episódio anterior de dengue ou viajado para regiões que já tiveram a transmissão da doença.

O valor mínimo de leucócitos era de 1800 / ml (média 3500± 1477.8 / ml) e 34000 plaquetas / ml (média 123.319 ± 53.109,7 / ml).

Casos georreferenciados por local de residência como eles foram estrangeiros ou nativos (Fig. 1).Os casos nativos estiveram agrupados na região oeste e na menor medida no sul. Trinta e tres (31,5%) residiam na cidade de Buenos Aires, 33 (31,5%) no distrito de 3 de fevereiro, 29 (28%) no distrito de La Matanza e 10 (9%) em outros distritos como Lanús, Ituzaingó e Luján. De acordó com a progressão temporal dos casos estrangeiros e nativos (Fig, 2), se observou que entre janeiro e fevereiro predominaram os casos estrangeiros desde Bolivia domiciliados na zona oeste da cidade de Buenos Aires e distritos de e de fevereiro e de La Matanza. Enquanto que 10 casos provenientes da província de Salta, tiveram uma maior dispersão geográfica na Região Metropolitana. Em março, assistimos 15 casos estrangeiros de Chaco também com distribuição doméstica não concentrada, 2 da Bolívia e 1 em Salta.

O primeiro caso autocomo vivia em um assentamento denominado Vila 20 na zona de Vila Lugano (cidade de Buenos Aires) e começou os sintomas em 20 de março. No fim de março, os primeiros casos autóctones ocorreram nas cidades de Ciudadela (partido de 03 de fevereiro) e La Tablada (La Matanza). O último caso na cidade de Buenos Aires (bairro de Mataderos) os sintomas começaram em 16 de maio e o último na região metropolitana em 13 de maio, em La Matanza.

95% dos casos estrangeiros (n = 116), ingressaram a Área Metropolitana de viremia, com uma média de 5,5 ± 2,4 dias de evolução.

O cálculo das taxas de desenvolvimento diárias dos ciclos extrínsecos e gonadotróficos e estimada a longevidade do Aedes aegypti para Buenos Aires de 17 días[12] foram obtid as asprobabilidades de transmissão (Fig. 3). Neste gráfico, no período compreendido entre 15/12/08 e 23/03/09, durante 98 dias consecutivos, a fêmeas de Aedes aegypti completaram um ciclo gonadotrópica (oviposição), no qual necessitarão alimentar-se (possibilidade de inocular o vírus), tendo completado o ciclo extrínseca (do vírus no vetor) antes de morrer.

DISCUSSÃO

A possibilidade de introdução da dengue como enfermidade de transmissão local na área metropolitana é até agora relacionada com a situação epidemiológica na fronteira norte da Argentina. Enquanto houve uma correlação temporal entre a situação epidemiológica da República da Bolívia e as províncias do norte argentino, especialmente Salta e Chaco e aparição de casos autoctones na região Metropolitana, a concentração de casos estrangeiros em uma área geográfica limitada, foi um fator crítico (Fig. 1). Casos importados de Salta e em seguida Chaco tiveram uma área de dispersão maior, que os procedentes da Bolívia, que se agruparam na zona oeste (locaidades de Liniers e Citadel), além de residir uma importante comunidade boliviana se encontra um terminal de ônibus com frequencias diárias para a zona norte e países vizinhos. É muito provável que os primeiros casos autocomes não tenham sido detectados peço sistema de saude, pois em janeiro e fevereiro existia yma "massa viral critica" dada não só pela alta percentual de casos importados com viremis, 95% vs. 66% dos casos estudados em 2000[9], mas também pela alta média de dias de viremia (5,5 dias). Na transmissão local é necessário considerar o tempo necessário para que se cumpra o periodo de incubação extrinseco no vetor mas o de incubação da doença, entre ambos ao redor de 15 dias, o que explica a aparição dos primeiros casos autocomos em meados de março. Outro fato marcante foi a manutenção da transmissão local até meados de maio. Temperaturas persistentemente elevados no outono, possibilitou a transmissão local a partir do final de março com uma forte pico em abril finalizando em maio. Existem registros históricos para a região de atividades do *Aedes aegypti* nos meses avançados de outubro, como já se comentou. Sem duvida, esta atividade não é habitual pela situação geografica de Buenos Aires (latitude 34º S, longitude 58º O), onde as probabilidades de transmissão são menores que na região subtropical[16]. Em outro trabalho[12] no que se relacionaram as variáveis de abundancia vetorial, ingresso de pacientes com viremia e estimativa da longevidade do *Aedes aegypti* e sua relação com os ciclos extrínseco e gonadotrófico, observou-se que a

presença do vetor e do vírus não foram condições suficientes para produzir de transmissão local, enquanto a região ocidental tinha sido de risco definido pela abundância de vector[17]. Considerando que ambos ciclos são dependentes da temperatura média (TM) [24, 25], podemos comparar as possibilidades de transmissão em distintos periodos. Em Dezembro de 1999 e Maio de 2000, de acordo com este modelo, houve pouca possibilidade na semana epidemiológica 2 (01/08/00) conforme mostrado na Fig. 4. Isto se correlacionou com o ingressos de 38 pacientes provenientes da repubilica do Paraguai com DEN1 porém sem registro de transmissão local. Em igual periodo de 2007 se estudaram 88 pacientes tambem provenientes do Paraguai porém com DEN3, e só registrou um caso isolado[11]. Neste periodo as possibilidades d ransmissão aumentaram em relação ao anterior, como mostrado na Fig. 5: semana epidemiológica 52 de 2006 (25/12), nas semanas epidemiológicos 3, 4 e 5 de 2007 (16/01/07 a 03/02/07) e na semana epidemiológica 8 (20/2/07). Comparando estes gráficos como da Fig. 3, se observa que a extensão de TM elevada desde dezembro de 2008 a maio de 2009 foi um fator crítico para a transmissão de dengue na região, com 98 dias continuos de risco. Se, por outro lado, foi considerado, com base nos registos elevados TM deste período, uma expectativa de vida do vetor de 20 dias, as possibilidades de transmissão seriam ainda maiores. Também, um estudo recente[26] informou níbveis de abundancia do Aedes aegyti elevados para a área metropolitana, com um indice de Breteau (recipientes positivos / casas inspecionadas) de 62% e um aumento significativo do índice de incubadores a respeito de 2008. No entanto, a magnitude de um surto de dengue não é uma relação linear entre a abundância do vetor e a carga viral presente na comunidade, uma vez que interveriam outros fatores como a susceptibilidade da população, a concorrência vector e outros fatores ambientais [27, 28].

O inicio do surto em outubro e as baixas temperaturas a partir de meados de maio foram fatores importantes que impediram a propagação a outros conglomerados humanos. Existem exemplos

de regiões, incluídas as tropicais, onde se previo a generalização da doença, se observou uma progressão crescente de casos durante dois a três anos[29,30,31].

Um estudo de soroprevalência indicaría a verdadeira incidencia deste surto, que poderia ser quinze ou mais vezes maior que os casos notificados[32]. Diversos estudos tem mostrado que a infecção pelo virus da dengue pode ser muito alta, tanto com de 50% da população[33,34]. Estes dados extrapolados para a área metropolitana, mostram que um surto generalizado seria um problema de saúde pública com impacto social e económico grave. Uma eficar vigiância clinica e epidemiológica, qu edetecte na sua forma precoce os premiros casos estrangeiros, poderia focalizar as aões de controle vetorial e evitar a transmissão local estendida.

Na origen de uma epidemia de dengue se podem prever dois cenários: nas regiões endémicas é provavel que a transmissão iterepidêmica, de baixa intensidade e muitas vezes inadvertida seja responsavel por manter uma baixa circulação do virus[36]. No entanto, em regiões onde é necessária a interrupção do vetor (no caso de AMBA) é necessária a introdução do vírus. Até 2008 na região estavam presentes, entre outubro e março (primavera, verão e meados de outono) os três fatores fundamentais para um evento epidêmico: a) as altas taxas de abundância do vetor, b) alta concentração de população suscetível c) arrivo de pacientes virêmicos. Mas eles não foram suficientes para produzir transmissão local até 2009, quando dois novos fatores foram adicionados. Um deles foi o agrupamento em dois meses, no oeste da AMBA, de pacientes com viremia, que formou uma carga viral crítica na comunidade. E o outro fator se relacionou coma TM. Devido as TM excepcionalmente alta e prolongada até meados de outono, as chances de transmissão para o último período, poderia ser ainda maiores se você considerar uma expectativa de vida de 20 dias (Fig. 5). Nas medições atuais de temperaturas registradas em AMBA, se tem registrado diferenças de até dois graus na TM entre as áreas mais povoadas e periférico. Além disso, na mesma região, o TM aumentou de 1,6 °C/100 anos

(período 1959-2003) e nos últimos 59 anos a precipitação anual aumentou 22 %%, com um total de 5 mm/ano[37]. Se persistirem estas tendências, o risco de transmissão local não estaria sujeita a condições climáticas excepcionais e poderia inatalar-se transmissão endêmica. A influência de fatores climáticos é um fator fundamental para o surgimento de doenças vectoriales [8, 39, 40].

CONCLUSÕES

Estes dados sugere que: 1) na Argentina têm circulado DEN 1, 2 e 3 e, em uma ocasião não bem esclarecidas epidemiologicamente DEN4 em Santa Fe (2010), que foram importadas com um repique local de poucos casos, 2) de acordo com um dos mecanismos conhecidos para o desenvolvimento de DG existe uma área que comporta mais do que metade das jurisdições argentinas habitadas por pessoas com a possibilidade de desenvolver dengue grave. Nestes 13 jurisdições se concentra a maior parte da população do nosso país. Por outra parte, a epidemia de 2009 demonstrou a possibilidade de que aparecem casos graves de infecção primária, fato que comprovamos também em 2011 em nosso serviço 3) assentamentos humanos de população migrante em grandes cidades estão em igual risco se eles adquirirem a infecção em seu país origem, 4) a nacionalidade dessa população não é homogenea, predominando habitantes oriundos da Bolivia, Paraguai e em menor número do Peru, o quela condicinal distintos tipos de imunidades sorotíticas, 5) o alto transito de pessoas desats regiões com transmissão de dengue (turismo e migrações) podem provocar um surto estendido no grandes conglomerados humanos donde se detectou A. Aegypti, 6) a magnitude do surto de salta de 2004 e 2006 e a epidemima nacional de 2009 poderia codicionar uma massa critica de virus para o desenvolvimento da dengue grave e 7) a possibilidade de voltar a ter surtos de febre amarela urbana.

Figura – 1 Mapa de AMBA que mostra a georreferenciação dos casos, donde se observa a relação entre casos autoctonos e importados.

Figura – 2 Relação temporal entre casos autoctonos e importados

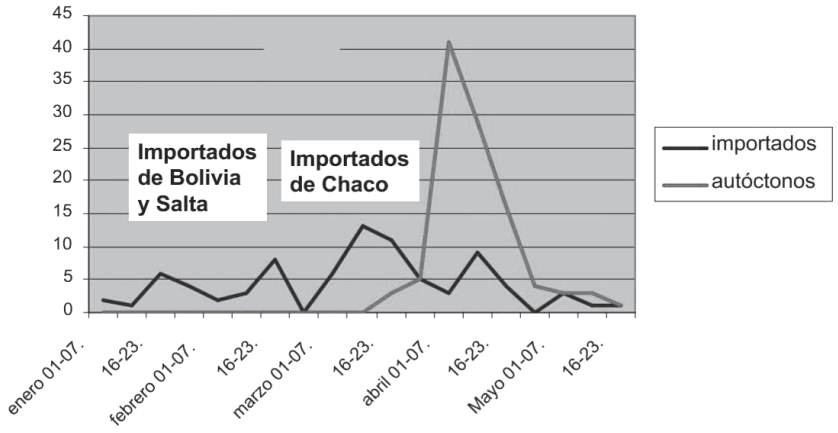


Figura – 3 Possibilidade de transmissão considerando a temperatura média (TM), massa viral crítica (definida com a chegada dos pacientes viremic país e sua localização).

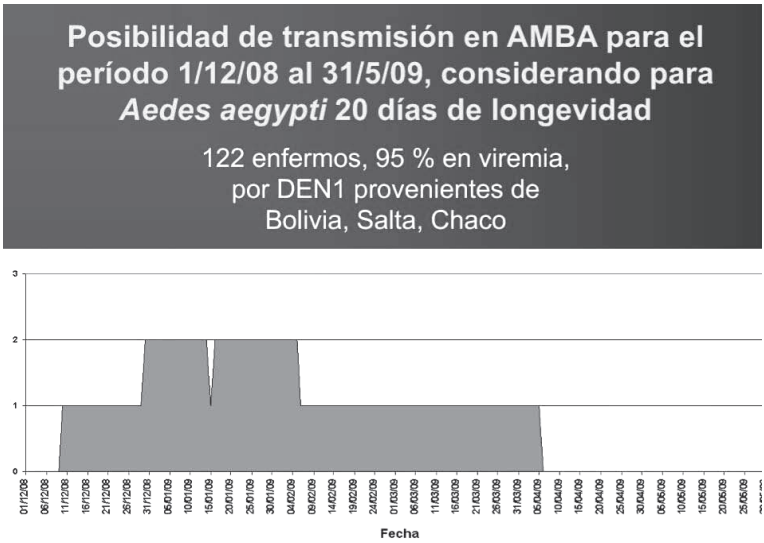


Figura – 4

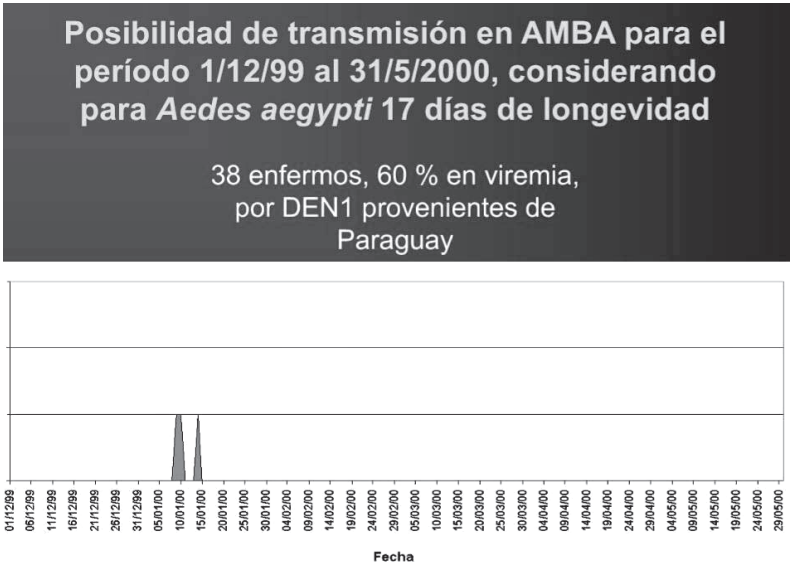
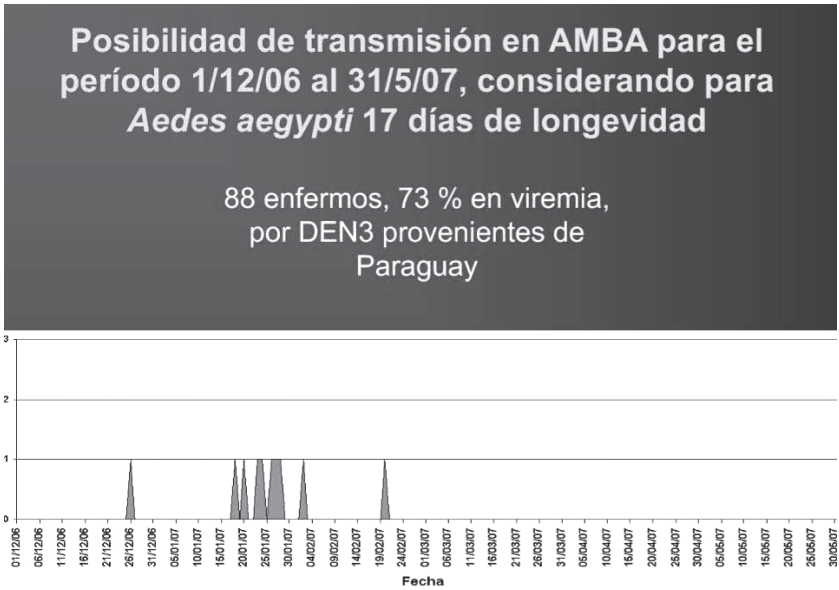


Figura – 5



NOTAS

1 EricHull B, Tikasingh E, Martinez R. Natural transovarial transmission of dengue 4 virus in Aedes aegypti in Trinidad. Am J Trop Med Hyg 1984; 33:1248-50.

2 Giamperetti S, Espinosa M, Abril M, Seijo A. Transmisión vertical de virus Dengue en Aedes aegypti, capturados en Puerto Iguazú, Misiones, Argentina. Rev Inst Med Trop Sao Pablo. 2014; 56(2): 165-7.

3 Servicio Meteorológico Nacional. www.smn.gov.ar/ y www.meteofa.mil.ar

4 Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). Censo 2001. En: www.indec.gov.ar; consultado 15/8/09.

5 Ministerio del Interior. Dirección Nacional de Población. Población 2008; 1: 13-16.

6 Diario Perfil, Buenos Aires. La Argentina y la nueva inmigración. En: htpp://www.diarioperfil.com.ar/edimp/0373/articulo.php?art=15064&red=0373; consultado el 15/8/09.

[7] Secretaría de Turismo de la Nación. Dirección de Estudios de Mercado y Estadística. Informe de Avance, primer trimestre 2009. En: www.turismo.gov.ar; consultado el 15/8/09.

[8] Gaudino NM. El dengue. Algunas consideraciones sobre la epidemia de Entre Ríos. Rev San Milit Arg 1916; 15: 617-27.

[9] Penna J. Lecciones Clínicas sobre Enfermedades Infecciosas. Buenos Aires: La Semana Médica, 1912, p 1-20.

[10] Avilés G, Paz MV, Rangeon G y col. Laboratory surveillance of dengue in Argentina, 1995-2001. Emerg Infect Dis 2002; 6: 738-42.

[11] OPS. Prevención y control del dengue. CD43/12. 53a Sesión del Comité Regional. 43er Consejo Directivo. Washington DC. 2001.

[12] Seijo A, Cernigoi B, Deodatto B. Dengue importado de Paraguay a Buenos Aires. Estudio clínico y epidemiológico de 38 casos. Medicina (Buenos Aires) 2001; 61: 137-41.

[13] Seijo A, Avilés G, Enría D, et al. Estudio Piloto sobre Circulación de Virus Dengue en Población Adulta de Diferentes Regiones de la República Argentina. Libro de Resúmenes del IV Congreso Argentino de Zoonosis, Buenos Aires, Argentina, Abril 2004, p 32.

[14] Natiello M, Ritacco V, Morales A, et al. Indigenous Dengue Fever, Buenos Aires, Argentina. Emerg Infect Dis 2008; 9: 1498-9.

[15] Seijo A, Espinosa M, Morales A, Gardenal C, Coto H, Zaidenberg M. Investigación de las variables que limitan la ocurrencia de dengue en el Área Metropolitana de Buenos Aires y su análisis como nuevas herramientas para la vigilancia. Fondos para investigaciones operativas, PNUD 98/003. Ministerio de Salud de la Nación, 2005.

[16] Sánchez-Seco MP, Rosario D, Hernández L, et al. Detection and subtyping of dengue 1–4 and yellow fever virusesby means of a multiplex RT-nested-PCR using degenerated primers. Trop Med and Int Health 2006; 9: 1432–41.

[17] Martinez Torres Eric. Dengue. 3era ed. Río de Janeiro: Fundación Osvaldo Cruz, 2005, p 94.

[18] Sharpe P, Demichele D. Reaction kinetics of poikilotherm development. J Theor Biol 1977; 64: 649-70.

[19] Carbajo AE, Schweigmann N, Curto IS, de Garín A, Bejarán R. Dengue transmissión risk maps of Argentina. Trop Med and Int Health 2001; 6: 170-83.

[20] Carbajo AE, Gomez SM, Curto SL, Schweigmann NJ. Variación espacio--temporal del riesgo de transmisión de dengue en la Ciudad de Buenos Aires. Medicina (Buenos Aires) 2004; 64: 231-4.

[21] Alberti AI. Respuesta del sistema de salud ante la aparición de una enfermedad reemergente: dengue, en países no tropicales. Programa de control de criaderos de Aedes aegypti en un barrio de la Capital Federal. Tesis presentada en la Maestría en Administración de Sistemas y Servicios de Salud. Escuela de Salud Pública, Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Buenos Aires. Octubre 2001.

[22] Vezzani D, Velázquez SM, Soto S, Scheweigmann NJ. Environmental characteristics of the cementeries of Buenos Aires City (Argentina) and infestation levels of Aedes aegypti (Diptera: Culicidae). Mem Inst O Cruz 2001; 4: 467-71.

[23] Curto SI, Boffi R, Carbajo AE, Plastina R, Schweigmann N. Reinfestación del territorio argentino por Aedes aegypti. Distribución geográfica (1994-1999), en Actualizaciones en Artropodología Sanitaria Argentina, Serie Enfermedades Transmisibles. Buenos Aires: Fundación Mundo Sano, 2002, p 127-37.

[24] Schweigmann N, Orellano P, Kuruc J, Vera MT, Vezzani D, Méndez A. Distribución y abundancia de Aedes aegypti (Diptera: Culicidae) en la Ciudad de Buenos Aires, en Actualizaciones en Artropodología Sanitaria Argentina, Serie Enfermedades Transmisibles. Buenos Aires: Fundación Mundo Sano, 2002, p 155-60.

[25] Gubler DJ. Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever. Clin Microbiol Rev 1998; 11: 480-96.

[26] World Health Organization (WHO). Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases (TDR), Geneva. Estudio DENCO (Validación de estudios en fase 3), 2009.

[27] Focks DA, Haile D, Mount G. Dynamic life table model for Aedes aegypti (L) (Díptera: Culicidae). Analysis of the literature and model development. J Med Entomol. 1993a; 30: 1003-17.

[28] Focks DA, Haile D, Mount G. Dynamic life table model for Aedes aegypti (L) (Díptera: Culicidae): Simulation results and validation. J Med Entomol 1993b; 30: 1018-28.

[29] Apaz G, Zanotti G, Picasso P, et al. Abundancia de Aedes aegypti en Buenos Aires, durante la epidemia de dengue de 2009 en Argentina y características de sus criaderos. Libro de Resúmenes del XII Simposio Internacional sobre Control Epidemiológico de Enfermedades Transmitidas por Vectores. Buenos Aires, Argentina, Septiembre 2009, p 34.

[30] Kuno G. Review of the factors modulating dengue transmission. Epidemiol Rev 1995; 17: 321-35.

[31] Fernández–Salas I, Flores-Leal A. El papel del vector Aedes aegypti en la epidemiología del dengue en México. Aparatado sobre la situación en Colonna. Salud Pub México 1995; 37: 45-52.

[32] Fundação Nacional de Saúde. Coordenação Regional do Rio Grande do Norte. Epidemia de dengue em Natal e municípios circunvizinhos. Situação até a semana epidemiologica 31. Ministério de Saude, Brasil, 1997.

[33] Ministerio de Salud del Perú. Oficina General de Epidemiología. Situación epidemiológica del dengue en Perú. Lima, febrero 2001.

[34] Dias J, Pedral-Sampaio D, Jones T. Aedes aegypti surveillance and correlation with the occurrence of dengue fever in Bahia, Brazil. The Brazilian J Infect Dis 1997; 1: 37-42.

[35] Castor de Lima V, Figuerido L, Correa E, et al. Dengue: inquérito serológico pós-epidêmico em zona urbana do estado de São Pablo (Brasil). Rev Sau Pub 1999; 6: 4-19.

[36] Da Costa Vasconcelos P, Mota C, Straatmann A, Santos-Torres S, Travassos da Rosa A, Tavares Neto J. Epidemia de dengue en Ipupiara e Prado, Bahía. Inquérito soro-epidemiológico. Rev Soc Bras Med Trop 2000; 1: 57-69.

[37] Venâncio da Cunha R, Maspero R, Miagostovich M, et al. Dengue infection in Paracambi, State of Rio de Janeiro, 1990-1995. Rev Soc Bras Med Trop 1997; 5: 379-83.

[38] Fernández–Salas I, Flores-Leal A. El papel del vector Aedes aegypti en la epidemiología del dengue en México. Aparatado sobre la situación en Colonna. Salud Pub México 1995; 37: 45-52

[39] (Camilloni I. Atlas Ambiental de Buenos Aires). http://www.atlasdebuenosaires.gov.ar

[40] Rogers DJ, Packer MJ. Vector-borne diseases, models and global climate change. Lancet 1993; 342:1282-84.

[41] Githeko AK, Lindsay SW, Confalonieri UE, Patz Climate change and vector-borne diseases: a regional analysis. Bull World Health Organization 2000;78:1136-47.

[42] Sutherst RW. Global change and human vulnerability to vector-borne diseases. Clin Microbiol Rev 2004; 17:136-73.

DIFUSÃO E CONVERSÃO DO CONHECIMENTO PARA UMA FORMAÇÃO VOLTADA AO DESENVOLVIMENTO: Uma aplicação do modelo SECI

Claudio Reynaldo Barbosa de Souza
José Lamartine de Andrade Lima Neto
Núbia Moura Ribeiro

DIFUSÃO E CONVERSÃO DO CONHECIMENTO PARA UMA FORMAÇÃO VOLTADA AO DESENVOLVIMENTO: uma aplicação do modelo SECI

INTRODUÇÃO

Vivemos em uma sociedade que apresenta demandas cada vez maiores de informações. Este fato pode ser constatado simplesmente pelos volumes crescentes de recursos e energia que as pessoas investem para acessar, receber ou trocar informações, pelos mais diversos meios e mídias.. Aspectos relacionados à informação não se constituem mais em diferencial apenas para empresas e nações: as pessoas que tem mais acesso à informação, tem também mais oportunidades, seja no âmbito pessoal, seja na vida profissional. Mas é preciso destacar que o acesso à informação, por si só, não garante um diferencial competitivo; o que de fato pode garantir este diferencial no âmbito pessoal, empresarial ou nacional é a capacidade que o indivíduo, a empresa ou a nação tem de aplicar a informação, convertendo-a em conhecimentos e isso decorre da aprendizagem, da capacidade de estabelecer correlações e consequentemente do aumento da capacidade para visualizar as oportunidades.

A circulação da informação cria um ambiente favorável para que novas ideias surjam, e novas soluções sejam propostas, e posteriormente colocadas em prática. Considerando o cenário atual do Brasil, uma pesquisa do Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação[1] (CETIC.BR, 2014), cujos resultados são

[1] Com a missão de monitorar a adoção das tecnologias de informação e comunicação (TIC) – em particular, o acesso e uso de computador, Internet e dispositivos móveis – foi criado em 2005 o Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (Cetic.br). O Cetic.br é um departamento do Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR (Nic.br), que implementa as decisões e projetos do Comitê Gestor da Internet do Brasil (Cgi.br) (CETIC.BR, 2014).

apresentados na Tabela 01 ficam demonstrados os dados relativos à proporção de domicílios brasileiros com acesso à internet. Considerando que este é uma das vias atualmente mais utilizadas para acesso a informações, e considerando os dados coletados entre outubro de 2014 e março de 2015, 50% dos domicílios brasileiros dispunham de acesso à internet. Ou seja, metade dos lares tem acesso a um manancial de informações como nunca houve na história da humanidade. A Tabela 01 mostra também o retrato da desigualdade no país: enquanto nas áreas urbanas 54% dos domicílios têm acesso à internet, as áreas rurais esta proporção cai para 22%. Além disso, nas regiões sudeste e sul a proporção de domicílios brasileiros com acesso à internet está acima da proporção nacional, 60% e 51%, respectivamente, no nordeste (37%) e norte (35%) a maioria da população não tem esta oportunidade. Também um perfil desigual é observado quando analisamos os dados de acesso em relação à renda familiar, com 95% dos domicílios com renda superior a 10 salários mínimos tendo acesso à internet e este acesso existe em somente 17% dos domicílios com renda de até 1 (um) salário mínimo. O mesmo observamos em relação às classes sociais: 98% dos domicílios de classe A têm acesso à internet, enquanto este acesso é de apenas 14% para as classes D e E.

Considerando o volume de informações disponível na *world wide web,* via internet, o acesso a este imenso estoque de informações não é garantia de desenvolvimento de uma sociedade, mas potencializa condições melhores para que ele aconteça. O fato de observarmos estas desigualdades de facilidade de acesso a informação justamente em áreas, regiões, segmentos e classes menos desenvolvidas educacional e economicamente só aprofunda as assimetrias no país o que requer a atenção, especialmente dos gestores públicos.

Tabela 1 – PROPORÇÃO DE DOMICÍLIOS COM ACESSO À INTERNET – Percentual sobre o total de domicílios

Percentual (%)		Sim	Não
TOTAL		50	50
Área	Urbana	54	46
	Rural	22	78
Região	Sudeste	60	40
	Nordeste	37	63
	Sul	51	49
	Norte	35	65
	Centro-Oeste	44	56
Renda familiar	Até 1 SM	17	83
	Mais de 1 SM até 2 SM	37	63
	Mais de 2 SM até 3 SM	59	41
	Mais de 3 SM até 5 SM	76	24
	Mais de 5 SM até 10 SM	89	11
	Mais de 10 SM	95	5
Classe social	A	98	2
	B	82	18
	C	48	52
	DE	14	85

Base: 65.129.753 domicílios. Dados coletados entre outubro de 2014 e março de 2015.

Fonte: CETIC, 2014.

Mas, aliadas a um ambiente favorável proporcionado pelo acesso à informação, são necessárias outras condições para que as ideias ou as propostas saiam do plano da formulação e se materializem em benefícios reais para a sociedade como um todo. Uma destas condições é a existência de cérebros devidamente preparados para fazer esta ponte entre o plano das ideias e das formulações, para o plano da materialização. Mas como favorecer o surgimento de tais cérebros? Como proporcionar um ambiente social criativo, empreendedor?

Se alguém tivesse a resposta exata para isto, esta seria provavelmente a pessoa mais poderosa do mundo, pois dos problemas que ora

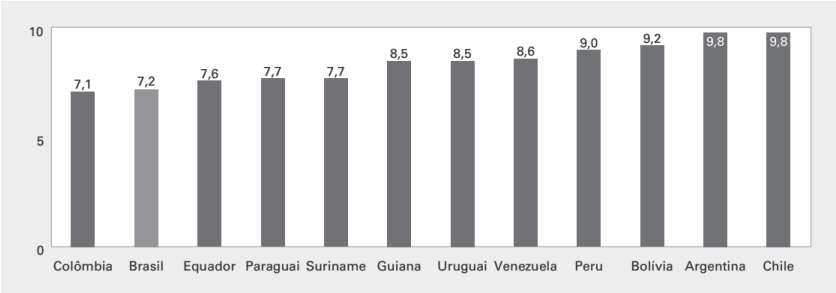
enfrentamos seriam rapidamente resolvidos. Mas na realidade, cada país, região ou comunidade tem suas singularidades e terá caminhos também singulares para percorrer sua trajetória de desenvolvimento, além do fato de que cada um precisa definir que tipo de desenvolvimento ele deseja. É preciso lembrarmos que, por exemplo, o Butão, um pequeno país nos Himalaias, definiu suas metas de desenvolvimento baseadas num indicador denominado Felicidade Interna Bruta (FIB) em vez de traçar suas metas baseadas no Produto Interno Bruto (PIB), como é usual em muitos países do Ocidente[2].

Voltando às possíveis respostas sobre como proporcionar um ambiente social criativo, empreendedor, a experiência acumulada pela humanidade demonstra que alguns fatores contribuem para o surgimento desses ambientes, e um deles é bastante decisivo: a educação da população. Quanto a indicadores relativos à educação no Brasil, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015) indica o Brasil como um dos países com menores médias de anos de estudo da população (Figura 01), o que indica a educação como uma das áreas que apresenta fragilidade no que se refere às condições de desenvolvimento do país.

> A escolaridade média da população de 25 anos ou mais de idade aumentou de 2004 a 2014, passando de 6,4 para 7,8 anos de estudo completos, o que não equivale nem ao ensino fundamental completo [...]. É interessante observar que o Chile possuía uma média de anos de estudo de exatamente 6,4 em 1980, isto é, o Brasil demorou quase 25 anos para atingir o patamar chileno, [...] Esse dado evidencia que o *déficit* educacional brasileiro é histórico e que sua alteração é necessariamente lenta, levando em conta o tempo requerido para a formação de cada nova geração. [...] o Brasil e a Colômbia apresentaram as menores médias de anos de estudo da América do Sul para esse segmento da população (IBGE, 2015, p. 55)

[2] Para informações sobre um estudo sobre o FIB num município brasileiro vide: < http://www.anpad.org.br/admin/pdf/2012_APB1436.pdf>. Acesso em 10 fev. 2016.

Figura 1 – Média de anos de estudo das pessoas com 25 anos ou mais de idade, segundo os países da América do Sul – 2012.

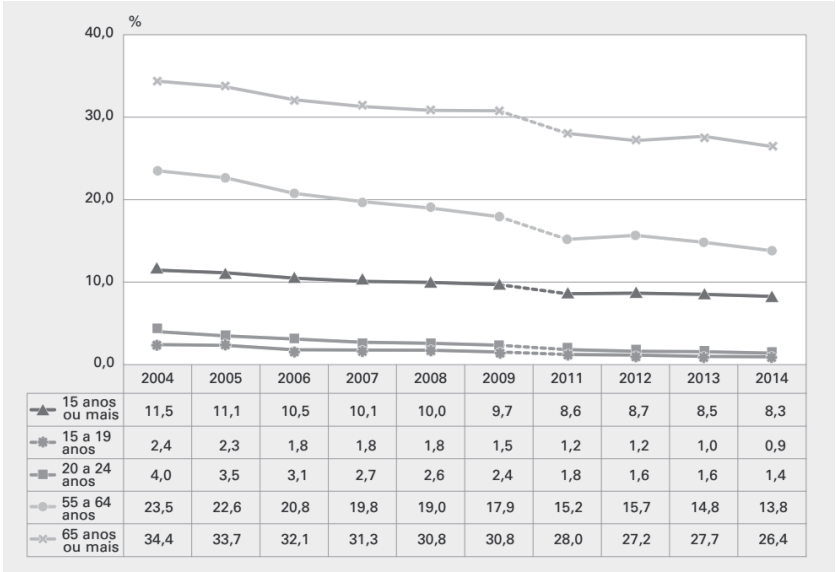


Fonte: IBGE, 2015, p. 56, gráfico 3.11.

Embora a educação seja um dos pilares ainda frágeis em relação às condições para o desenvolvimento da população brasileira, notamos melhoras significativas ao longo dos anos. As políticas públicas que ampliaram o acesso à educação básica e superior têm resultado na elevação da escolaridade da população brasileira. Isto é perceptível em relação à redução da taxa de analfabetismo de 2004 a 2014 e de acordo com a faixa etária, com novas gerações, com mais acesso à educação, substituindo às que tiveram menos acesso, elevando a representatividade da educação na população total (Figura 02).

A proporção dos estudantes de 18 a 24 anos de idade que frequentava o ensino superior, nível adequado a essa faixa etária, é um indicador representativo das condições educacionais e sociais de um país, pois o nível superior de educação, juntamente com nível técnico, são por natureza aqueles que preparam o cidadão para o mundo do trabalho. É na educação superior que são preparados os engenheiros, os geógrafos, os médicos, os contadores, os físicos e todas as demais profissões. Assim, garantir que uma parcela significativa da população tenha acesso à educação superior é criar uma sociedade com pessoas preparadas para cuidar das diversas áreas da vida humana.

Figura 2 – Taxa de analfabetismo, por grupo de idade – Brasil – 2004/2014

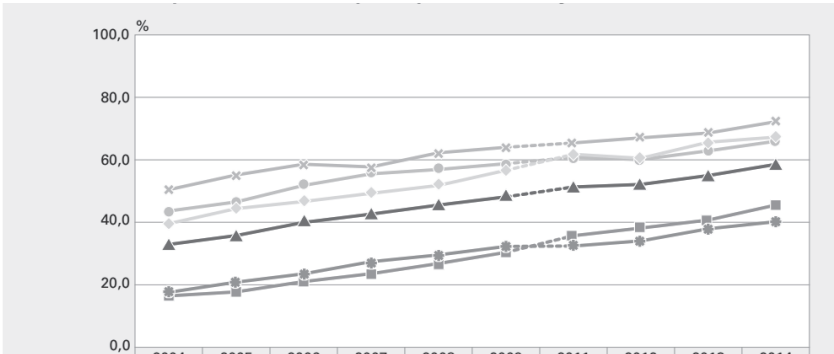


	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2011	2012	2013	2014
15 anos ou mais	11,5	11,1	10,5	10,1	10,0	9,7	8,6	8,7	8,5	8,3
15 a 19 anos	2,4	2,3	1,8	1,8	1,8	1,5	1,2	1,2	1,0	0,9
20 a 24 anos	4,0	3,5	3,1	2,7	2,6	2,4	1,8	1,6	1,6	1,4
55 a 64 anos	23,5	22,6	20,8	19,8	19,0	17,9	15,2	15,7	14,8	13,8
65 anos ou mais	34,4	33,7	32,1	31,3	30,8	30,8	28,0	27,2	27,7	26,4

Fonte: IBGE, 2015, p. 57, gráfico 3.13.

Diversos dados sinalizam uma melhoria dos indicadores nacionais para a faixa etária dos estudantes de 18 a 24 anos. Em 2014, 58,5% dos estudantes dessa faixa etária frequentavam o ensino superior, enquanto, em 2004, esta proporção era de apenas 32,9%. Além disso, houve uma queda significativa, de 15,8% para 4,3%, na proporção desses estudantes que frequentavam o ensino fundamental entre 2004 e 2014. Mas as assimetrias ainda são visíveis entre as regiões brasileiras: nas regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste, a proporção de estudantes de 18 a 24 anos que frequentavam o ensino superior ficavam acima da média nacional, mas nas regiões Norte e Nordeste, respectivamente, apenas 40,2% e 45,5% desses jovens estudantes cursavam esse nível em 2014 (Figura 03).

Figura 3 – Proporção dos estudantes de 18 a 24 anos de idade que frequentam o ensino superior, por Grandes regiões – 2004/2014



	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2011	2012	2013	2014
Brasil	32,9	35,8	40,0	42,6	45,5	48,2	51,3	52,1	55,0	58,5
Norte	17,6	20,9	23,5	27,4	29,6	32,3	32,4	34,1	37,9	40,2
Nordeste	16,4	17,7	21,0	23,6	26,8	30,4	35,7	38,2	40,7	45,5
Sudeste	43,6	46,5	51,8	55,5	56,9	58,8	60,8	60,1	62,9	66,0
Sul	50,5	55,1	58,6	57,7	62,3	64,0	65,4	67,0	68,6	72,2
Centro-Oeste	39,6	44,4	46,6	49,3	51,8	56,7	61,7	60,5	65,6	67,3

Fonte: IBGE, 2015, p. 51, gráfico 3.16.

Além do acesso à informação e o cenário educacional, podemos citar também o amadurecimento tecnológico como um dos fatores que favorecem o desenvolvimento de uma sociedade. Estes fatores levam ao desenvolvimento das sociedades como um todo. A humanidade vivenciou nos últimos quatro séculos um desenvolvimento extraordinário a partir da revolução industrial.

No século 18 houve a substituição da principal fonte de energia, a tração animal, por outra com capacidade de realização de trabalho muito maior, as máquinas à vapor, que constituem um marco da Revolução industrial. James Watt, em 1769, deu um dos primeiros passos na automatização dos processos com a invenção do regulador centrífugo de velocidade, que permitia o funcionamento de maquinas motrizes sem interferência humana. O intuito consistia em promover o controle e ação corretiva, automatizando assim o processo. Ao longo dessa era industrial, especialmente no período de 1750 a 1950, a humanidade passou da referência às estações do ano, às quais estava acostumada

nos dez mil anos de duração do trabalho agrícola, para o ritmo ditado pela tecnologia. No decorrer deste período, vem se estruturando outro modo de organização social, a sociedade pós-industrial. Nesta era pós-industrial, o esforço físico cada vez mais é realizado pela máquina, e o esforço mental, pelos computadores, cabendo ao homem a insubstituível tarefa de exercer a criatividade, ter ideias. Neste cenário os aspectos relacionados a educação tornam-se ainda mais importantes, senão imprescindíveis.

Unindo acesso à informação, educação e tecnologia, a partir do século 20 tem sido cada vez mais possível e viável, implementar o controle de processos pois surgiram controladores, atuadores inteligentes, robôs e os protocolos de comunicação de rede, que possibilitaram conectar todos esses dispositivos. A utilização integrada de todos estes componentes mostrou-se muito satisfatória, atendendo de modo eficaz e eficiente as demandas criadas. Atualmente, a área de controle automático é vasta e seus principais usos estão nos setores comerciais, domésticos e industriais. As principais vantagens estão relacionadas à qualidade e quantidade dos produtos fabricados com segurança e sem subprodutos nocivos.

O controle automático

> [...] possibilita a existência de processos extremamente complexos, impossíveis de existirem apenas com o controle manual. Um processo industrial típico envolve centenas e até milhares de sensores e de elementos finais de controle que devem ser operados e coordenados continuamente. (RIBEIRO 2003, p. 01).

Para atender às demandas dessa sociedade pós-industrial, precisamos associar educação à tecnologia, formando profissionais especializados tanto para as atividades de manutenção quanto na supervisão, planejamento e controle dessa tecnologia que é a base para o funcionamento otimizado dos processos industriais modernos.

Levando em conta o cenário e os fatores para o desenvolvimento apontados aqui, temos como objetivo deste texto discutir sobre a conversão e difusão do conhecimento e a aplicação do modelo de

conversão do conhecimento para a construção de uma planta piloto, didática, envolvendo o controle automático de variáveis como, nível, vazão e pressão.

CONVERSÃO E DIFUSÃO DO CONHECIMENTO

Ao longo da era industrial, capital físico, os bens e a propriedade, associados ao desenvolvimento tecnológico, aos serviços e à criatividade deram o tom característico do crescimento econômico. Mas pouco a pouco esta dinâmica foi perdendo lugar para a dinâmica atual, marcada pelo papel do ser humano e pelo conjunto de capacitações que são adquiridas através da educação, treinamento e da própria experiência de vida, além das competências adquiridas do ponto de vista profissional.

Nos anos 1990, inspirado no desenvolvimento da *world wide web* e das tecnologias da informação e comunicação surge o termo Sociedade da Informação, associado a este lugar privilegiado que a informação tomou. A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE)[3] inserido o termo na sua agenda das reuniões partir de 1995. Na célebre trilogia escrita por Manoel Castells (1999) o termo Sociedade da Informação foi cunhado por Nora e Minc em 1980. Mas outras terminologias foram surgindo e Abdul Waheed Khan, Diretor-Geral Adjunto da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) para a Comunicação e Informação, numa entrevista publicada num boletim dessa organização, explica como a informação e o conhecimento podem contribuir para o desenvolvimento em um mundo e comenta sobre Sociedade da Informação e Sociedade do Conhecimento.

[3] A Organização Europeia de Cooperação Económica (OECE) tem suas raízes em 1948, numa organização criada para executar o Plano Marshall financiado pelos Estados Unidos para a reconstrução da Europa, um continente devastado pela guerra. Baseado no sucesso deste trabalho cooperativo, a OCDE nasceu oficialmente em 30 de setembro de 1961, quando entrou em vigor um Convenção assinada por países europeus, pelo Canadá, os EUA e países da Organização dos Países Exportadores de Petróleo. OCDE utiliza a sua riqueza de informações sobre uma ampla gama de tópicos para ajudar os governos promover a prosperidade e combater a pobreza através do crescimento económico e da estabilidade financeira. Vide: http://www.oecd.org/about/whatwedoandhow/. Acesso em 10 fev. 2016.

> Na verdade, os dois conceitos são complementares. A sociedade da informação é o alicerce para sociedades do conhecimento. Considerando que vejo o conceito de "sociedade da informação", como relacionado à ideia de "inovação tecnológica", o conceito de "sociedades do conhecimento" inclui uma dimensão de transformação social, cultural, econômico, político e institucional, e uma perspectiva mais pluralista e de desenvolvimento. Em minha opinião, o conceito de "sociedades do conhecimento" é preferível à de "sociedade da informação" porque capta melhor a complexidade e o dinamismo das mudanças que estão ocorrendo. Como eu disse antes, o conhecimento em questão é importante não só para o crescimento económico, mas também para capacitar e desenvolver todos os setores da sociedade. Assim, o papel das TIC se estende para o desenvolvimento humano de forma mais geral – e, portanto, também para questões como a cooperação intelectual, a aprendizagem ao longo da vida e os valores humanos básicos e direitos (UNESCO, 2003, não paginado).

Outros estudiosos, como Gasque e Tescarolo (2005), argumentam que as terminologias Sociedade da Informação e Sociedade do Conhecimento não são suficientes para o salto necessário em direção a um desenvolvimento ético e inclusivo: para isto é preciso uma Sociedade da Aprendizagem. Nessa nova forma de organização social, baseada em diversos fatores, mas centrada na aprendizagem e no potencial criativo humano, as ideias têm grande importância, o pensar é o grande diferencial, mas não basta: é preciso dar concretude as ideias. Temos aí o grande desafio e oportunidade para a escola/educação: desenvolver nos educandos a capacidade de pensarem de modo autônomo, agindo como protagonistas do processo de construção do conhecimento e na materialização dessas ideias criativas. Sobre o que é o pensar, trazemos uma reflexão do livro *El café de los filosofos muertos*.

> Pensar é aprender a ser livre, responsável e honrado. Pensar é esforço e inconformismo, para com o mundo e também para consigo mesmo. Pensar é duvidar e criticar, não de forma altaneira ou presunçosa, senão por desejo do bem comum. Pensar é ter o tempo de poder fazê-lo. Pensar não é repetir ou reproduzir. Pensar é ativar o que de nobre há no ser humano, porque pensar e

> também sentir e intuir. A frase de Descartes não é de todo certa: não se trata de "penso, logo existo", mas penso, logo vivo. Viver é encontrar seu próprio caminho e evitar permanentemente a tentação do fácil. O fácil é não pensar (K.; HÖSLE, 1998, p. 9).

Na Sociedade da Aprendizagem o ambiente educacional precisa transformar-se numa grande central de ideias e num espaço de experimentação, de concretização desse universo criativo, num ensino em que prevaleça a interação, superando a simples instrução. A informação apreendida, vivenciada, tornada parte da base do saber de cada pessoa, deve ser articulada e internalizada, como uma espiral, transformando-se de fato em conhecimento.

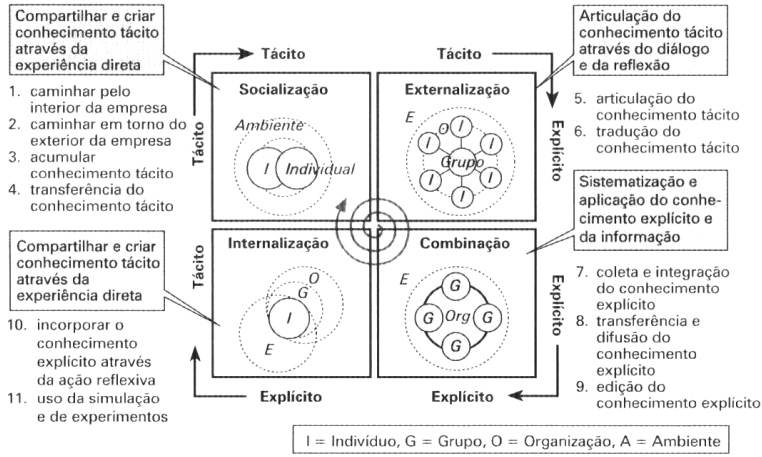
Embora os autores Nonaka e Takeuchi (2008) não diferenciem claramente conhecimento e informação, como aqui o fazemos – considerando conhecimento como informação apreendida –, tomamos como modelo orientador para processos de difusão e conversão de informações o proposto por eles. Em estudos voltados para o ambiente organizacional, Nonaka e Takeuchi (2008) afirmam que, para uma organização gerar conhecimento, ela deve proporcionar a difusão e a conversão dessas informações, constituindo uma espiral do conhecimento, que se movimenta em quatro etapas: (a) a Socialização da informação, (b) a sua Externalização, (c) a sua Combinação e (d) a sua Internalização – o modelo SECI[4].

Para entender esse modelo precisamos tratar de categorias de conhecimento apresentadas nos estudos de Nonaka e Takeuchi (2008) embora concebidas por outros estudiosos, a exemplo do conceito de conhecimento tácito apresentado por Polanyi. Assim, o conhecimento pode ser compreendido ou categorizado como conhecimento tácito ou explicito. O conhecimento tácito é aquele que o indivíduo traz consigo, sua *expertise*, portanto é um conhecimento de difícil codificação, pessoal, não documentado, e sua captura é complexa, pois normalmente é feita através de contato pessoal pela troca de experiências. Quanto ao

[4] O modelo SECI, proposto por Nonaka e Takeuchi (2008), é o acrônimo composto pelos nomes dos processos envolvidos na conversão do conhecimento: Socialização, Externalização, Combinação e Internalização.

conhecimento explícito, ele poderia ser mais bem denominado como informação, já que se refere ao que se apresenta codificado, publicado, facilmente expresso em palavras, números e fórmulas, daí o seu caráter teórico e formal. As diversas formas de conversões da informação ou do conhecimento – de tácito para tácito, tácito para explicito, de explicito para explicito, ou explícito para tácito – compõe a espiral do conhecimento, conforme ilustrado na Figura 04.

Figura 4 – Modelo SECI de criação do conhecimento



Fonte: Nonaka e Takeuchi, 2008, p. 96.

A etapa de transformação de conhecimento tácito em conhecimento tácito é chamada de SOCIALIZAÇÃO, trata-se de um processo de aprender junto, pela observação prática de quem tem a expertise, o conhecimento. É o processo de aprendizagem do mestre-aprendizagem, do fazer junto, da convivência, é a conversão do conhecimento tácito do "mestre" para conhecimento tácito do "aprendiz".

Na EXTERNALIZAÇÃO ocorre a transformação de conhecimento tácito em conhecimento explícito, ou seja, "o conhecimento tácito é tornado explicito para que possa ser compartilhado com outros e se torne a base de um novo conhecimento, como os conceitos, imagens

e documentos escritos" (NONAKA; TAKEUCHI, 2008, p. 97). A externalização é o processo pelo qual o que foi apreendido é expresso e veiculado por meio de falas, livros, vídeos etc. Mas este conhecimento explicitado muitas vezes é reunido com outros, combinado com outras informações explicitadas, gerando um conjuntos de informações mais complexas e elaboradas por meio de um processo denominado de COMBINAÇÃO. Quando as informações explicitadas são acessadas e apreendidas, num processo de transformação do conhecimento explícito em conhecimento tácito, ocorre a INTERNALIZAÇÃO.

> Este estágio pode ser entendido como práxis, onde o conhecimento é aplicado e usado em situações práticas e torna-se a base para novas rotinas. Assim, o conhecimento explícito, como os conceitos de produtos ou os procedimentos de fabricação, tem de ser atualizados através da ação, da prática e da reflexão para que possa realmente se tornar conhecimento de alguém (NONAKA; TAKEUCHI, 2008, p. 98)

A espiral continua seu movimento, porém em patamares cada vez mais elevados, ampliando sua aplicação abordando outras áreas do conhecimento que se encontram perifericamente que acabam sendo incorporadas no processo, conforme Figura 05.

Figura 5 – A espiral do conhecimento.

Fonte: Nonaka e Takeuchi, 2008, p. 69.

A CONSTRUÇÃO DA PLANTA PILOTO DIDÁTICA PARA CONTROLE DAS VARIÁVEIS DE NÍVEL, VAZÃO E PRESSÃO (PP-NVP)

Tomando como inspiração o modelo SECI, descrito na seção anterior, e com o intuito de formar profissionais aptos a contribuir com o desenvolvimento da sociedade, foi realizada a construção de uma Planta Piloto didática para controle das variáveis de Nível, Vazão e Pressão com aos alunos do 4º ano do curso técnico de nível médio de Automação e Controle Industrial do Instituto Federal da Bahia (IFBA). A área de automação e controle industrial do IFBA dispunha de laboratórios que propiciavam aos estudantes conhecimentos, tácito e explicito, um relacionamento efetivo, dialético e dialógico para progressivamente ampliar sua estruturação e aplicação na futura vida profissional. O uso de uma Planta Piloto didática é de fundamental importância na materialização da espiral do conhecimento, permitindo a interação entre conhecimento internalizado e prática, ou seja, tácito e explícito, indispensável para a área de Controle Industrial.

A atividade iniciou com o planejamento das etapas do projeto: (a) sensibilização; (b) planejamento trabalho; (c) aquisição de material; (d) construção da base para fixação dos diversos equipamentos e instrumentos; (e) montagem dos diversos equipamentos; (f) montagem da instrumentação destinada a medição e controle das variáveis envolvidas (pressão, nível e vazão); (g) programação e instalação do Controlador Lógico Programável (PLC) e do sistema de intertravamento (conjunto de passos ou laços que devem existir para garantir a segurança dos equipamentos e pessoas); (h) elaboração de documentação e registro. Todas as etapas foram intercaladas por diversos seminários internos, onde cada novo elemento foi apresentado, discutido e internalizado pelos participantes.

A construção da Planta Piloto transformou-se em uma prática de aplicação do modelo SECI, demonstrando que é possível agregar valor ao aprendizado e preparar profissionais com formação aplicada

e voltada para o desenvolvimento do país. A articulação de conhecimento tácitos e explícitos, na constante conversão de conhecimento criou a base para que os objetivos fossem alcançados e o cronograma, obedecido.

A etapa de SOCIALIZAÇÃO concretizou-se à medida que os alunos interagiam com especialistas, trabalhando lado-a-lado, aprendendo pela observação e pelo contato direto com estes profissionais, convertendo assim o conhecimento tácito dos especialistas em seus próprios conhecimentos tácitos.

No decorrer das atividades em que os alunos elaboravam protocolos e registravam as etapas do processo de construção da planta, dava-se a etapa de EXTERNALIZAÇÃO, convertendo conhecimento tácito em conhecimento explícito.

Ao reunir as informações já sistematizadas com outras, de manuais de instrumentos, para dar forma a novos conteúdos e protocolos de uso da planta piloto, os alunos realizaram a etapa de COMBINAÇÃO.

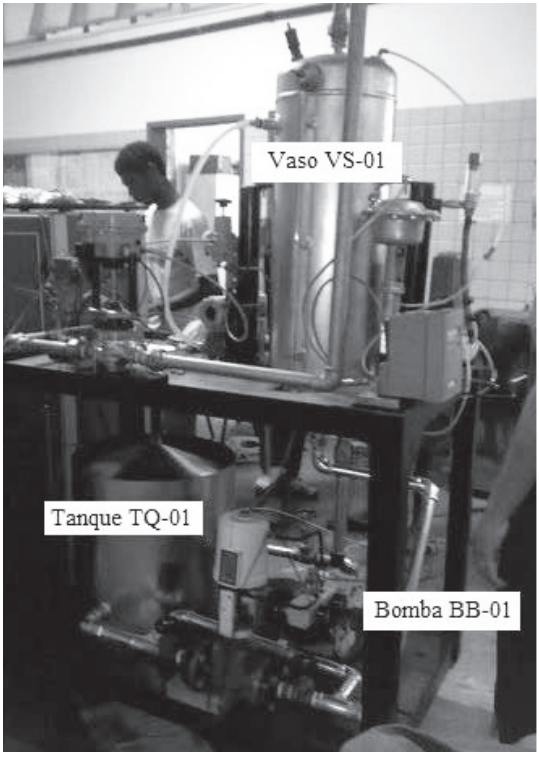
Por fim, ao apresentarem a novos alunos o processo de construção e a própria planta piloto construída, concretiza-se a etapa de INTERNALIZAÇÃO, fechando o ciclo de criação e difusão do conhecimento, preconizado no modelo SECI.

Embora haja diversas críticas a este modelo, como mostra Goldman (2010), considera-se aqui que todo modelo é uma representação da realidade, uma simplificação que permite analisar e otimizar processos, no caso o processo de criação e compartilhamento de informações e conhecimento. A atividade constituiu-se uma forma de aproximar os alunos ao mundo do trabalho que irão encontrar depois de formados. A aplicação do modelo proposto por Nonaka e Takeuchi (2008) demonstrou que a espiral da construção do conhecimento é um modelo aplicável inclusive a ambientes não empresariais, e quando os alunos assumem seus papéis como atores e autores deste processo, os resultados são surpreendentes.

A Planta Piloto didática para controle das variáveis de nível, vazão e pressão (PPNVP)

Os equipamentos utilizados para a construção da Planta Piloto para controle de Nível, Vazão e Pressão (PPNVP), conforme Figura 06, foram: (1) Tanque inferior (TQ-01) com capacidade de 100 litros, (2) Bomba (BB-01) com ½ HP e um (3) Vaso de Pressão (VS-01) com capacidade de 65 litros interligados por tubulações de aço galvanizadas com uma polegada de diâmetro. O TQ-01 possui uma válvula de dreno que permite a limpeza periódica e o VS-01 tem conectado uma válvula de segurança de pressão calibrada para 2,0 Kgf/cm^2. Esta válvula garante a segurança do equipamento caso a pressão interna exceda o valor que foi ajustado previamente.

Figura 6 – Vista geral da Planta Piloto PP-NVP.



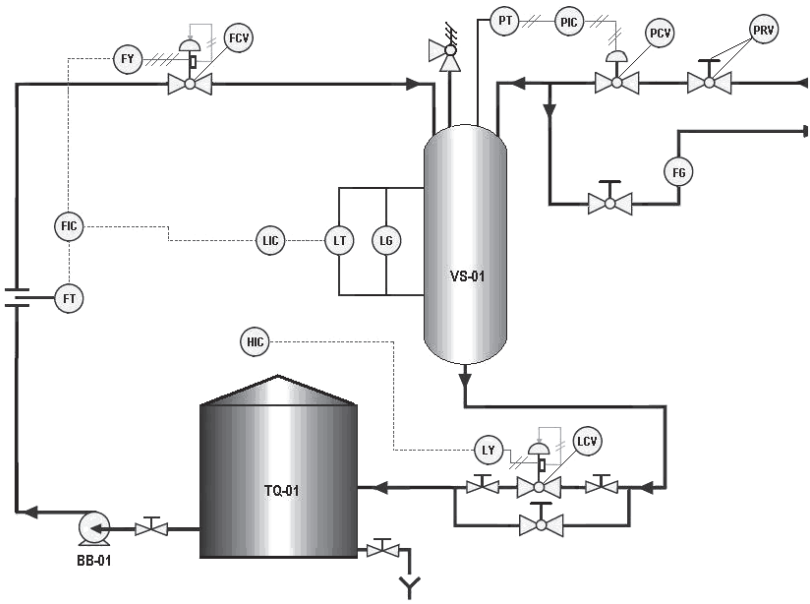
Fonte: Foto do acervo dos autores

As malhas de controle das variáveis da Planta Piloto (Figura 07) foram implementadas, e desenvolvidos procedimentos de identificação dos processos e sintonia dos controladores. As principais malhas de controle desenvolvidas foram de pressão, vazão e nível:

- **Malha de controle de pressão.** Esta malha controla a pressão interna do vaso de pressão através da entrada de ar comprimido, vindo do compressor. Para isso foram utilizados os seguintes instrumentos: Transmissor de pressão (PT), Controlador indicador de pressão (PIC) e Válvula de controle de pressão (PCV).
- **Malha de controle de vazão.** Essa malha teve por finalidade efetuar o controle de vazão de entrada de água no vaso de pressão. Através de uma placa de orifício (elemento primário destinado a medição da vazão), era gerado um diferencial de pressão num trecho reto da tubulação, sendo este medido por um transmissor de pressão diferencial (FT) que, interligado ao controlador indicador de vazão (FIC), atuava na válvula de controle de vazão (FCV).
- **Malha de controle de nível.** O objetivo dessa malha, que possui a configuração de controle em Cascata, é efetuar o controle de nível no vaso de pressão através da vazão de saída deste equipamento (FT e FIC). Por meio da medição de nível, efetuada por uma célula de pressão diferencial (LT), tornou-se possível medir a coluna líquida dentro do vaso. A atuação do controlador indicador de nível (LIC) na válvula de controle (FCV) fechava esta malha de controle.

A Figura 07 ilustra as malhas de controle no vaso VS-01 do tipo *feed back* (FB) para controle de Pressão, e do tipo Cascata para controle de nível usando a vazão de entrada.

Figura 7 – Planta Piloto PP-NVP com diversas malhas de controle.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os controladores possuem os seguintes algoritmos de controle Proporcional, Integral e Derivativo. Lotufo afirma que:

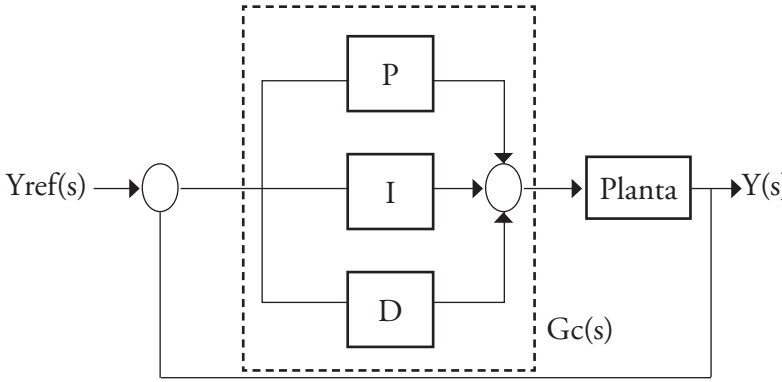
> Tendo em vista que a maioria dos controladores é ajustada no local de uso, têm sido propostos na literatura muitos tipos diferentes de regras de sintonia. A utilização destas regras de sintonia tem tornado possível o ajuste suave e preciso dos controladores PID no local de uso. Além disso, têm sido desenvolvidos métodos visando a sintonia automática e alguns controladores PID podem ser dotados de capacidade de sintonia automática, em operação (LOTUFO, 2008, p. 154).

Existem quatro tipos de controladores: Proporcional (P), Integral (I), Proporcional e Integral (PI), Proporcional e Derivativo (PD) e Proporcional, Integral e Derivativo (PID), com estruturas simples e eficientes para aplicações em uma vasta classe de processos indus-

triais. A respeito do Controlador PID ideal, e sua equação demonstrada na Figura 08, Lutofo (2008) nos orienta que:

> O termo integral tem a característica de fornecer uma saída não nula após o sinal de erro ter sido zerado. Este comportamento é conseqüência do fato de que a saída depende dos valores passados do erro. O termo derivativo tem o papel de aumentar o amortecimento e, em geral, melhorar a estabilidade de um sistema (LOTUFO, 2008, p. 154-155).

Figura 8 – Controlador PID ideal e sua equação.



$$u(t) = K_p e(t) \mid K_i \int_0^t e(\tau)d\tau \mid K_d \frac{de(t)}{dt}$$

Fonte: Lotufo, 2008, p. 154

A combinação dos termos proporcional, integral e derivativo, é utilizada para se obter uma resposta aceitável nas malhas de controle, apresentando características adequadas de estabilidade e amortecimento, implicando assim na diminuição de erro das variáveis dos processos.

Para a garantia da segurança em instalações industriais, são utilizados dispositivos de automação denominados intertravamento. Vá-

rios podem ser os elementos ou instrumentos utilizados para este fim, tal como pressostatos, termostatos, chaves de posição, de nível, etc. sendo todos calibrados de acordo com seus fins e aplicações.

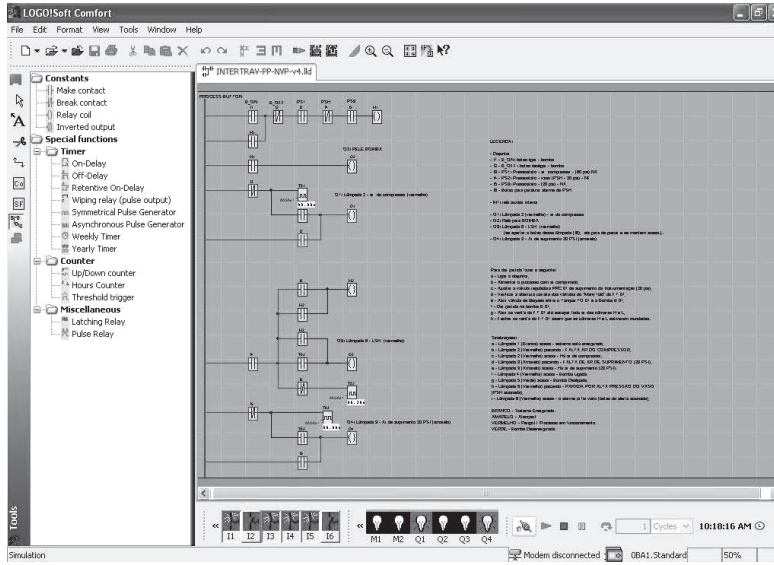
Na construção da Planta Piloto foi utilizado um Controlador Lógico Programável (PLC) fabricado pela SIEMENS modelo *LOGO! 230R,* como visto na Figura 09, onde os dispositivos de proteção foram conectados.

Figura 9 – O PLC utilizado na Planta Pilito (SIEMENS LOGO! 230R).

Fonte: foto do acervo dos autores

A programação do CLP foi feita utilizando o programa *LOGO!Soft Comfort* adquirido gratuitamente a partir do endereço de internet do fabricante, conforme Figura 10.

Figura 10 – LOGO!Soft Comfort, em simulação do diagrama na linguagem Ladder.



Fonte: Elaborado pelos autores

Para proteção do vaso VS-01 contra pressões elevadas, foi instalado um pressostato, calibrado para 15 PSI.

Um segundo pressostato foi instalado na alimentação geral de ar comprimido, (calibrado em 60 PSI) garante que a Planta Piloto PP--NVP só possa ser utilizada se existir pressão de suprimento. Um terceiro pressostato foi calibrado para 20 PSI, garantindo o pleno funcionamento dos instrumentos pneumáticos.

CONCLUSÕES

A construção da Planta Piloto PP-NVP concretizou-se com diversas etapas do modelo SECI. Nas reuniões e na prática cotidiana de construção o conhecimento tácito dos docentes e dos alunos era compartilhado configurando-se em práticas de **Socialização**. À medida que as atividades eram registradas em manuais e os protocolos de operação

eram gerados, concretizavam-se as etapas de **Externalização**. Estes dados, reunidos a outros disponíveis em periódicos, livros, manuais ou outras fontes, que são caracterizados como conhecimento explícito, configurou a etapa de **Combinação**. Através da disponibilidade do material gerado pela equipe de construção da planta piloto e pelo acesso que outras pessoas tiveram a este material, tem-se a conversão do conhecimento tácito em conhecimento explícito, configurando-se a etapa de **Internalização**, fechando-se um ciclo da espiral do conhecimento. Este trabalho, tal como preconiza Nonaka e Takeuchi (2008), baseou-se na difusão e conversão de informações, constituindo uma espiral durante a execução do projeto, sendo os alunos, atores e autores deste processo de construção do conhecimento.

A construção da Planta Didática potencializou o processo de aprendizagem, permitindo a construção de:

1. Desenho esquemático com identificação dos componentes do sistema e como estão interligados;
2. Diagramas de blocos mostrando os circuitos utilizados;
3. Estudos de manuais técnicos (controladores, transmissores, transdutores, válvulas de controle, etc.);
4. Operação do sistema em malha aberta, no manual e no automático.
5. Coleta dados para modelagem e validação do modelo;
6. Verificação dos parâmetros escolhidos para o controle PID e configurá-los;
7. Testes em modo automático alterando o valor do set-point dos controladores, coletando e comparando esses dados com o modelo.

Desta forma, conseguiu-se realizar diversos ciclos de aprendizagem, abrindo novas oportunidades de crescimento intelectual, continuamente, em forma de espiral, tal como preconizado por Nonaka e Takeuchi (2008).

Ademais, como contribuição adicional, a construção desta Planta Piloto tornará mais robusta as aulas das disciplinas de controle e medição de variáveis industriais, projetos e instrumentação, permitindo uma melhor adequação entre teoria e prática no desenvolvimento de habilidades e competências na formação de técnicos em automação e controle industrial e principalmente melhorando o processo educacional, tornando-o mais eficiente e eficaz.

REFERÊNCIAS

BURCH, Sally. Sociedade da informação/ sociedade do conhecimento. In: Ambrosi, A.; Peugeot, V.; Pimenta, D. Desafios das palavras. Ed. VECAM, 2005. Disponível em: http://vecam.org/archives/article519.html. Acesso em: 10 fev. 2016.

CASTELLS, Manoel. A sociedade em rede. 4. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1999.

CETIC. Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação TIC DOMÍCILIOS E USUÁRIOS 2014. Disponível em <http://cetic.br/tics/usuarios/2014/total-brasil/A4/>. Acesso em 10 fev. 2016.

FERNANDES JUNIOR, Oswaldo. Automação e Instrumentação Industrial. By Pass & Associados. 2004. Disponível em <http://www.scribd.com/doc/23910187/Apostila01-Automacao-e-Instrumentacao-Industrial> Acesso em 10 fev. 2016.

GASQUE, Kelley Cristine gonçalves dias; TESCAROLO, Ricardo. Sociedade da aprendizagem: informação, reflexão e ética. Ciência da Informação, [S.l.], v. 33, n. 3, jun. 2005. ISSN 1518-8353. Disponível em: <http://revista.ibict.br/index.php/ciinf/article/view/582>. Acesso em: 10 Fev. 2016.

GOLDAMAN, Fernndo. Luzes sobre o conhecimento organizacional. Custo Brasil, n. 24, p. 13-20, dezembro/2009 – janeiro/2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Síntese de indi-

cadores sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira: 2015. Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=295011. Acesso em 10 fev. 2016.

K., Nora; HÖSLE, Vittorio. El café de los filosofos muertos. Madrid: ANAYA. 1998.

LOTUFO, Francisco A. Controlador PID. Disponível em <http://www.feg.unesp. br/~falotufo/Disciplinas/Kel3003T/Apostila/Capitulo8_14.pdf>. Acesso em 10 fev. 2016.

NONAKA, Ikujiro; TAKEUCHI, Hirotaka. Gestão do Conhecimento. Porto Alegre: Bookman, 2008.

RIBEIRO, Marco Antonio, Controle de Processos: Teoria e Aplicações. 7a. Ed. Salvador. Tek Treinamento & Consultoria, 2003.

UNESCO. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Towards Knowledge Societies. An Interview with Abdul Waheed Khan. Disponível em < http://portal.unesco.org/ci/en/ev.php-URL_ID=11958&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html >. Acesso em 10 fev. 2016.

APLICAÇÃO EM MODELOS COMPUTACIONAIS DE DINÂMICA VEICULAR

Thiago B. Murari
Marcelo A. Moret

APLICAÇÃO EM MODELOS COMPUTACIONAIS DE DINÂMICA VEICULAR

INTRODUÇÃO

O aumento da capacidade de processamento computacional disponível torna possível a adição de mais complexidade aos modelos analíticos (HARTY, 1999). Isto é um fator importante no desenvolvimento de modelos cada vez mais complexos, como por exemplos modelos que avaliam a dinâmica de veículos automotores.

A dinâmica veicular pode ser dividida em dois níveis: o empírico e o analítico. O entendimento empírico provém da tentativa e erro pelo aprendizado de quais fatores influenciam o desempenho do veículo sobre determinadas condições. Sem o conhecimento mecânico de como mudanças de projeto e propriedades afetam o desempenho, extrapolando experiências passadas e novas condições que envolvam fatores desconhecidos, os métodos empíricos podem induzir a erros. Por este motivo a abordagem analítica costuma ser muito mais empregada em projetos de engenharia (GILLESPIE, 1992).

A abordagem analítica propõe descrever os mecanismos de interesse baseado nos conhecimentos das leis da física, e neste caso pode-se estabelecer um modelo analítico. Em casos mais simples estes modelos podem ser representados por equações algébricas e diferenciais relacionadas com as forças ou movimentos do sistema. O modelo provém da capacidade de predizer, e permite propor soluções para alcançar o objetivo durante as fases de projeto.

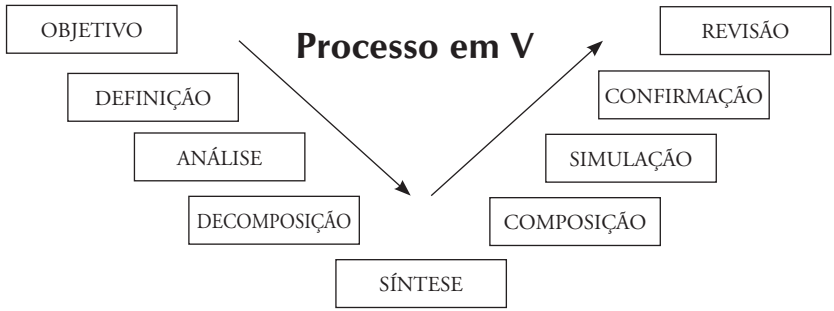
Os métodos analíticos não são a prova de erros, visto que tratam de aproximações da realidade. Cabe ao engenheiro compreender as hipóteses e fatores de entrada para melhor aproximar o modelo analítico à realidade, de forma a aproveitar ao máximo suas qualidades.

Os métodos analíticos devem ser parte de um processo estruturado, para garantir que o erro do modelo seja aceitável. Um método analítico difundido na engenharia automotiva é o processo em V (BLUNDELL, HARTY, 2004), que é dividido em nove fases (Figura 1):

- Objetivo: Definição dos objetivos a serem alcançados. Por exemplo: ter o sistema de suspensão mais durável do mercado.
- Definição: Definir um valor mensurável para determinar se o objetivo foi alcançado. Ao final desta etapa deve-se ter uma descrição clara de sucesso e falha.
- Análise: Geralmente existe mais de uma forma de conseguir a solução do sistema, pela combinação de subsistemas e componentes. Durante esta etapa algumas decisões terão que ser tomadas sobre quais combinações são preferidas, baseado na pretensão. Um mapa do escopo pode ser desenvolvido e servir de guia para a tomada de decisões.
- Decomposição: Decompor o sistema em subsistemas ou componentes e atribuir objetivos como custos, desempenho e peso.
- Síntese: Criar as peças e subsistemas, geralmente com o auxílio de computadores para validar se os objetivos individuais estão sendo atingidos. Exemplos desta etapa são verificações de esforços em pontos específicos do componente ou simulação da cinemática da suspensão.
- Composição: Montar o sistema para uma simulação completa, com um nível de confiança muito maior para cada componente individual já avaliado na etapa de síntese.
- Simulação: Muitas vezes referida como prototipagem virtual, a fase de simulação é a utilização de modelos computacionais para predizer o comportamento do sistema completo e seus contribuidores. Alguns modelos preparados para os subsistemas na fase de síntese são reutilizados na simulação.

- Confirmação: Testes em veículos reais devem ser efetuados para a correta aprovação do modelo virtual. Este estágio não deve apresentar surpresas, já que mudanças costumam ter um elevado custo após a construção de protótipos físicos.
- Revisão: É uma fase ignorada em muitos projetos. Na fase de revisão é necessário questionar os resultados obtidos. Documentar esta fase permite poupar recursos essenciais para o desenvolvimento da próxima geração de produtos. Melhorar os resultados da produção, com ação imediata sobre os problemas que ocorram durante o processo de manufatura, é o outro objetivo de documentar a fase de revisão.

Figura 1 – Etapas do Processo em V



Fonte: Os autores

Os resultados obtidos e documentados da simulação computacional são importantes para reagir rapidamente aos problemas relacionados com a variação dimensional proveniente dos processos produtivos sem ter que recorrer a alterações no produto após o início da produção e adicionar controles que podem aumentar os custos de produção do veículo.

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DA DINÂMICA VEICULAR

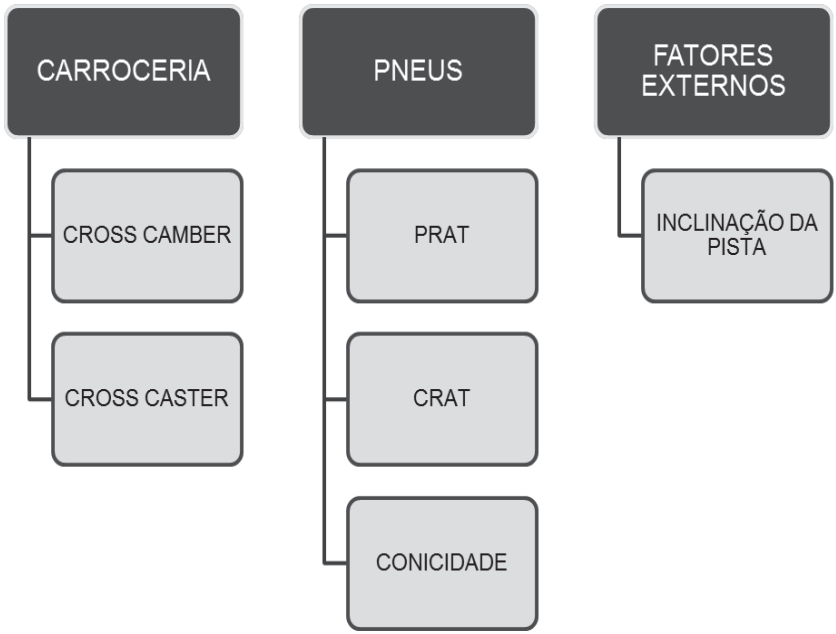
O processo em V foi aplicado no desenvolvimento de um sistema de suspensão veicular para obter resultados de tendência direcional do veículo. É descrita na literatura especializada que trata de simulação da dinâmica veicular a importância do alinhamento de rodas dianteiras e traseiras em veículos automotores para garantir a segurança dos motoristas e passageiros (BLUNDELL, HARTY, 2004). As montadoras incluem tolerâncias dimensionais aos valores nominais para eixos dianteiros e traseiros de forma a assegurar a dirigibilidade e estabilidade direcional do veículo (REIMPELL; STOLL; BETZLER, 2001). Estas variações permitidas no alinhamento de roda em conjunto com as variações dimensionais provenientes da fabricação dos pneus produzem forças e momentos no contato entre este e a pista. Os efeitos destas forças e momentos podem ser percebidos pelo consumidor quando o veículo está em movimento. Um destes efeitos é o Torque de Alinhamento Residual do Veículo (VRAT), definido como o valor médio do torque requerido no volante para dirigir em linha reta (OH; CHO; GIM, 2000).

O objetivo do modelo é garantir que o consumidor não tenha a percepção de que o veículo esteja desalinhado e a meta a ser atingida neste projeto é um valor nominal e limites de especificação para VRAT de 0 ± 0.50 Nm. O modelo computacional desenvolvido é representativo de um veículo compacto padrão com suspensão *Macpherson* na dianteira e barra de torção, também chamada de *Twist Beam*, na traseira. Essa configuração de suspensão cobre grande parte dos veículos com plataforma de baixo custo desenvolvidos atualmente.

VRAT pode ser calculado como uma função de vários fatores. Basicamente, deve-se utilizar nos cálculos fatores que influenciam na diferença de forças que atuam sobre os pneus do lado esquerdo e direito. É possível dividir estes fatores em três categorias: carroceria, pneu e fatores externo. Os fatores relacionados com a variação

dimensional da carroceria são cross camber e cross caster. Os fatores relacionados com a variação dimensional do pneu são Conicidade e PRAT. Existe um fator externo que não é possível de ser controlado, porém influência diretamente no resultado de VRAT: a Inclinação da Pista (Figura 2) (PARK *et al.*, 2013).

Figura 2 – Fatores utilizados para simular o VRAT.



Fonte: PARK et al., 2013

O camber é ângulo da roda relativo ao eixo vertical, visto da frente ou da traseira do veículo e cross camber é diferença entre os ângulos de camber do lado direito e esquerdo das rodas do veículo.

O caster é ângulo em que o eixo de giro do pneu é inclinado para frente ou para trás da vertical, quando se avalia o veículo lateralmente e cross caster é diferença entre a medição de caster do lado direito e esquerdo das rodas do veículo (MILLIKEN, 1995).

A conicidade do pneu é a força lateral gerada nos pneus pela inclinação da banda de rodagem em relação ao eixo de giro da roda, que não muda de sentido em relação à face do pneu devido à mudança de direção da rotação.

CRAT é momento criado no eixo que passa longitudinalmente no centro do pneu do veículo, resultante da força lateral gerada pela conicidade no contato do pneu com o solo.

PRAT se refere ao momento gerado pela força do plysteer (força lateral gerada pelo pneu devido as variações e assimetrias na armação, ou carcaça, do pneu) no centro de rolagem do veículo (PACEJKA, 2002).

Durante a síntese do sistema utilizou-se um modelo estocástico com o método de monte carlo para validar cross camber e cross caster. Este modelo contém as informações geométricas e dimensionais referentes ao projeto detalhado de cada um dos componentes e também a sequência de montagem do produto (KIM, 2000). Os resultados obtidos aprovam os sistemas de tolerância geométrica e dimensional para os componentes (Figuras 3 e 4).

Os fatores que influenciam a variação de VRAT devem ser avaliados sem que sejam restritos apenas ao que podemos chamar de fatores intermediários, ou seja, que são resultados do processo de fabricação. As tolerâncias especificadas para os componentes devem ser consideradas como fatores de entrada e validadas durante o projeto do produto, garantindo assim que as especificações de *Cross Camber* e *Cross Caster* serão atendidas (MURARI *et al.*, 2011).

Figura 3 – Curva de distribuição simulada de *cross camber*.

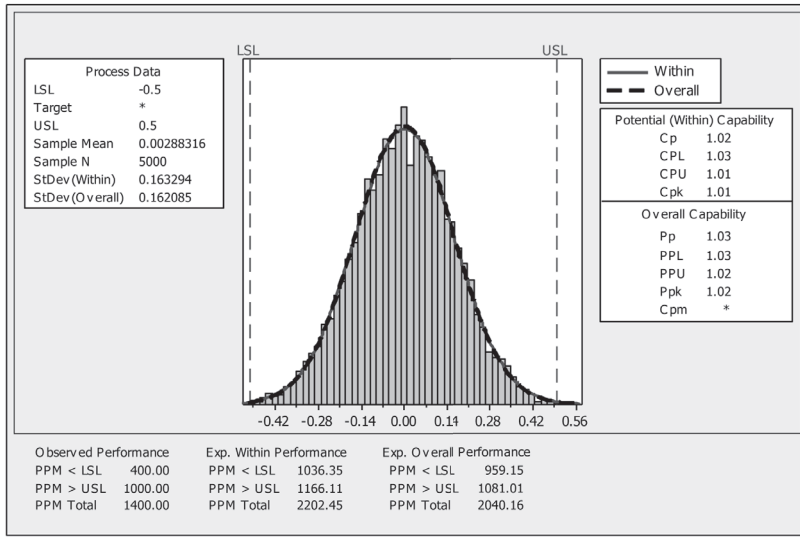
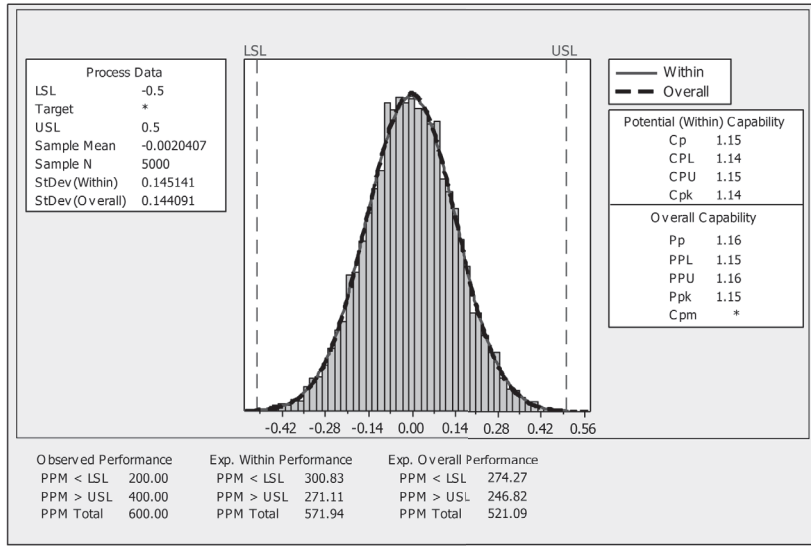


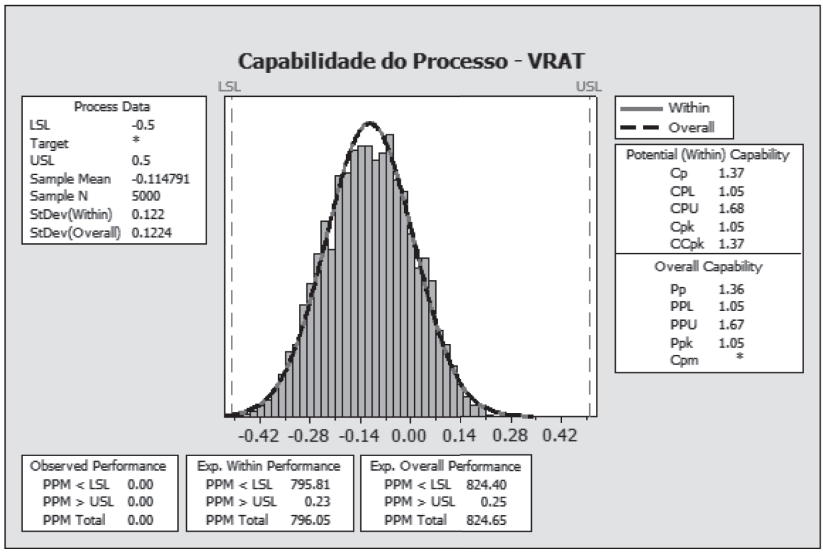
Figura 4 – Curva de distribuição simulada de *cross caster*.



Na fase de composição e simulação do processo em V foi desenvolvido um modelo multicorpos de análise dinâmica. Com o resultado obtido na simulação foi possível calcular a variação esperada de VRAT para o veículo em estudo (Figura 5).

Após a confirmação do modelo com testes em protótipos e ajustes, é necessário iniciar a revisão do projeto e garantir que os ganhos alcançados durante o projeto sejam alcançados e mantidos durante a produção do veículo.

Figura 5 – Curva de distribuição de VRAT.



Fonte: Os autores.

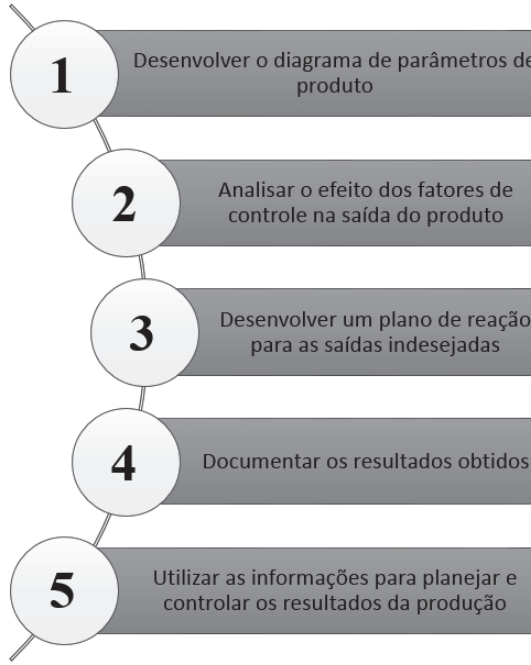
OS CINCO PASSOS DA REVISÃO APLICADA

A partir do processo em V é possível verificar e validar o projeto de suspensão e carroceria, incluindo a geometria e as tolerâncias de fabricação e montagem de cada uma das peças que compõem o sistema. A engenharia de processo deverá receber a DFMEA e os desenhos com tolerâncias de peças e conjuntos para desenvolver o pro-

cesso de fabricação e montagem, e também determinar quais serão as características críticas e significativas do processo.

O modelo computacional pode auxiliar no desenvolvimento de planos de ação com gráficos e novos modelos que facilitem o acompanhamento e a tomada de decisões na produção. A revisão do projeto, várias vezes omitida (BLUNDELL, HARTY, 2004), passa a ser importante para garantir que os ganhos adquiridos durante o projeto do sistema sejam alcançados na produção do veículo. As engenharias de produto e processos devem formar um time interdisciplinar no intuito de aproveitar ao máximo as informações geradas nesta etapa para gerar um plano robusto. O fluxo de processo apresentado na Figura 6 pode ser utilizado para assegurar que a revisão seja aplicada efetivamente na obtenção da qualidade do produto.

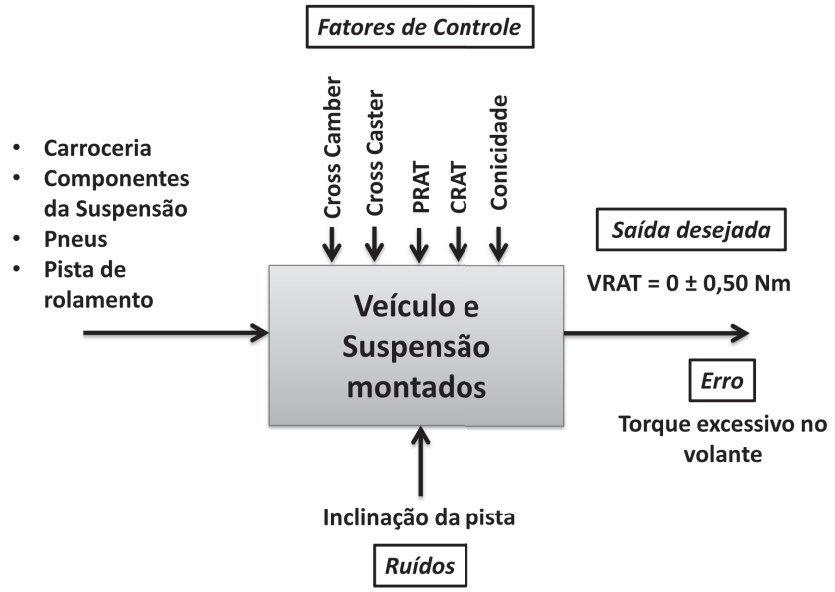
Figura 6 – Os cinco passos da revisão aplicada com foco na produção.



Fonte: Os autores

O desenvolvimento do Diagrama de Parâmetros, conforme a Figura 7 é necessário para visualizar como os fatores afetam o resultado e, desta forma, desenvolver o plano de ação. No centro do diagrama está o produto ou processo em questão; na esquerda estão as entradas e no lado direito a saída desejada e as saídas indesejadas; a parte superior é composta pelos fatores de controle e a porção inferior do diagrama, pelos ruídos no sistema. Nesta fase do projeto é indicado um diagrama de parâmetros do produto. Posteriormente a engenharia de processos deverá desenvolver diagramas para cada um dos processos de fabricação dos componentes e desta forma fechar o ciclo de desenvolvimento. Também será necessário entender como os fatores de controle afetam a saída, e com isto determinar quais são os mais importantes do ponto de vista da variação dimensional.

Figura 7 – Diagrama de parâmetros para VRAT.



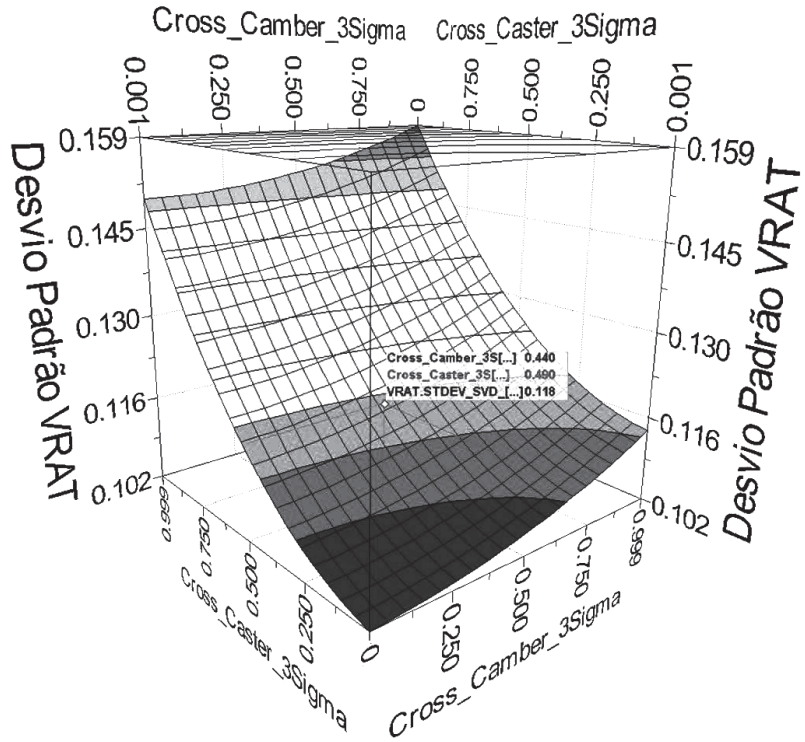
Fonte: Os autores

Os fatores de controle podem ser divididos em duas categorias: carroceria e pneus (Figura 2). Como os pneus que serão montados nos veículos são entregues para as montadoras por fornecedores especializadas na fabricação destes componentes, é importante exigir o controle estatístico das características importantes (PRAT, CRAT e Conicidade) para aceitar recebimento de cada lote. Por este motivo, os efeitos destes fatores já estão contemplados no cálculo da curva de distribuição de VRAT e não necessitam de uma análise mais profunda.

As montadoras são responsáveis pela montagem da carroceria e algumas vezes pela fabricação de componentes da suspensão, e por este motivo é interessante desenvolver o estudo de *cross camber* e *cross caster*. Para efetuar esta análise, utilizou-se o delineamento de experimentos. Foram geradas mil iterações aleatórias e os fatores foram ajustados de acordo com a especificação do veículo, exceto para o desvio padrão de *cross camber* e *cross caster*, ajustados para terem seus limites variando individualmente entre 0° e 1° para cada uma destas estimativas.

Os limites de tolerância utilizados nestes fatores extrapolam as recomendações de engenharia. Este fato tem relação com a possibilidade que a manufatura tem de entregar o produto com diferentes variações ao longo do tempo, ocasionadas tanto por causas comuns quanto causas especiais. Estas 1000 iterações aleatórias foram usadas como estimativas iniciais e para cada uma delas foram aplicadas uma simulação de Monte Carlo com 200 iterações, num total de 200.000 iterações, simuladas para gerar gráficos da relação entre a variação natural de *cross camber* e *cross caster* e o desvio padrão do VRAT (Figura 8).

Figura 8 – Efeito da variação natural de *cross camber* e *cross caster* no desvio padrão do VRAT.



Além do cálculo das curvas de distribuição para os *cross camber* e *cross caster*, também é possível simular com o modelo estocástico os principais fatores que contribuem para a variação. Os principais contribuidores da variação proveniente da carroceria do veículo são as tolerâncias da coluna telescópica e da junta articulada tolerâncias no quadro e a capacidade de localização do dispositivo de montagem da suspensão na estrutura do veículo, além da posição de uma peça estrutural que afeta na localização do quadro da suspensão.

Com os dados de variação e gráficos desenvolvidos é possível criar um plano de reação (Figura 9), que consiste no planejamento de ações corretivas necessárias para evitar a produção de veículos de-

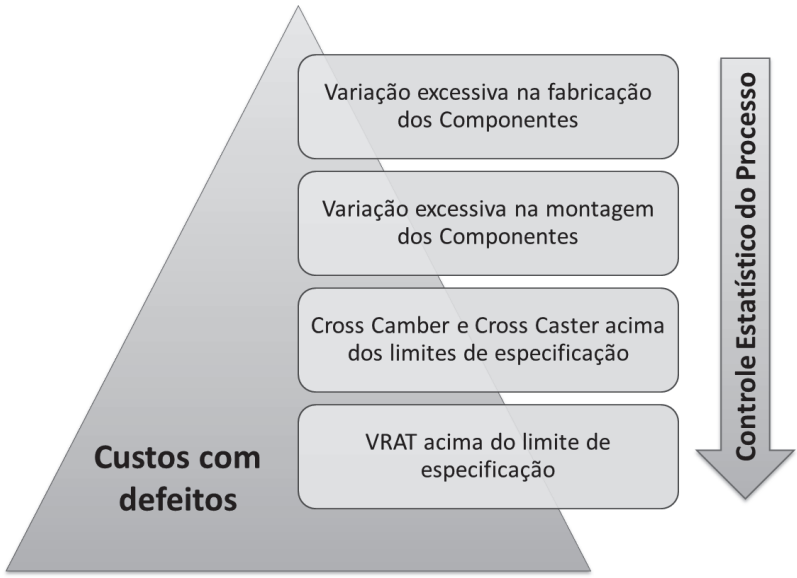
feituosos. O importante é reagir nas primeiras etapas do processo, e assim evitar que peças ou montagens defeituosas passem para a próxima etapa e o veículo seja produzido com um valor de VRAT fora do especificado, aumentando os custos devido ao retrabalho ou descarte de componentes ou até mesmo reduzindo a satisfação do cliente.

Figura 9 – Exemplo de plano de reação.

PLANO DE REAÇÃO	Ação		
Modo de Falha	**Contenção**	**Preventiva**	**Definitiva**
Dimensões dos componente fora do especificado ou fora de controle	• Controlar 100% do lote com dispositivo. • Retrabalhar ou rejeitar componente conforme procedimento RE-006	• Seguir plano de manutenção MAN-001: 1. Dispositivos 2. Máquinas 3. Ferramental	• Substituir ferramental • Ajustar Máquina / Dispositivo
Variação de localização dos datums do conjunto fora do especificado ou fora de controle	• Controlar 100% do lote com dispositivo. • Retrabalhar ou rejeitar conjunto conforme procedimento RE-007	• Seguir plano de manutenção MAN-004: 1. Estruturas 2. Pinos localizadores	• Substituir pino localizador • Ajustar Dispositivos
Cross Camber e Cross Caster fora do especificado ou fora de controle	• Verificar o VRAT conforme Gráfico 1 • Controlar 100% e ajustar posição da estrutura inferior	• CEP das características significativas nos componentes e conjuntos	1. Avaliar CEP dos conjuntos e componentes para identificar causa raíz 2. Seguir ações para o modo de falha encontrado
VRAT fora do especificado ou fora de controle	• Alterar o conjunto de pneus conforme o procedimento RE-003 • Controlar 100% e ajustar posição da estrutura inferior	• CEP de Cross Camber e Cross Caster	1. Avaliar CEP dos conjuntos e componentes para identificar causa raíz 2. Seguir ações para o modo de falha encontrado

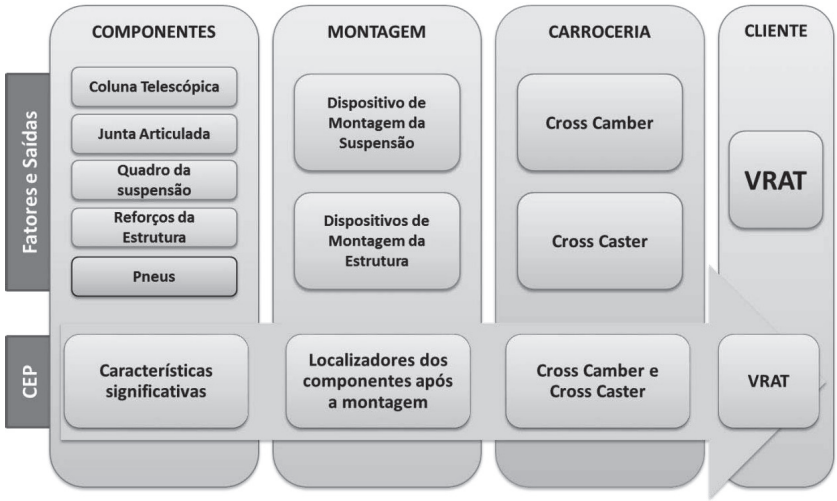
O custo com a má qualidade é proporcional a etapa em que o defeito foi encontrado: caso o defeito seja encontrado nas etapas iniciais do processo o custo será menor (Figura 10).

Figura 10 – Custos com a má qualidade do VRAT.



O Controle Estatístico de Processo, ou CEP, deve ser utilizado para reduzir o custo com o controle dimensional dos componentes e conjuntos envolvidos e será o indicador de quando se deve agir no processo. O CEP é um conjunto de ferramentas que possibilitam monitorar a variação de um processo. Com estas ferramentas é possível fazer uma descrição detalhada do comportamento do processo, identificar suas fontes de variabilidade ao longo do tempo, analisar e tratar as causas especiais responsáveis pelas instabilidades do processo (Figura 11) (MONTGOMERY; RUNGER, 2006).

Figura 11 – Fatores a serem considerados para o CEP.

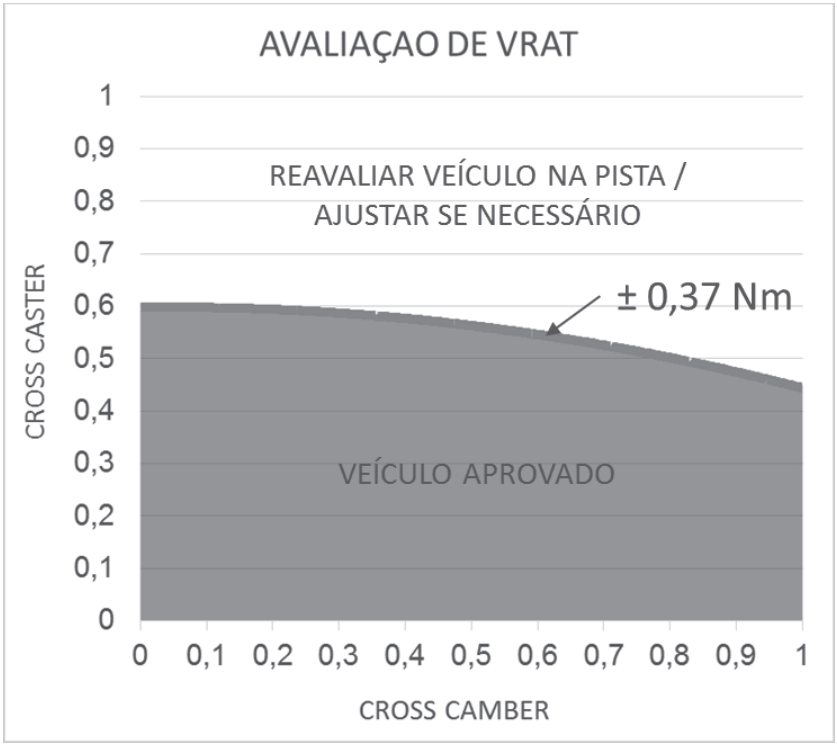


Fonte: MONTGOMERY; RUNGER, 2006

Nesta etapa, além dos fatores de carroceria, devem ser definidas ações para as características significativas do produto relativas aos pneus. O plano consiste no que é necessário controlar para cada componente ou conjunto e quais as ações necessárias para retornar o processo para a condição de controle e dentro dos parâmetros especificados.

Finalmente, é possível criar um gráfico para avaliar o VRAT em relação ao cross camber e cross caster durante a produção dos veículos (Figura 12). Para facilitar o entendimento e uso do gráfico, o gráfico da Figura 7 foi planificado. Além disto, determinou-se um valor máximo para considerar o carro aprovado ou rejeitado. Especificamente para este veículo o limite foi a própria variação natural simulada para VRAT, que é 0,37 Nm. Esta decisão foi tomada baseado no conceito de que a curva já está deslocada para a esquerda, estatisticamente comprovado pelo valor de Cpk de 1,05 (Figura 4), e um desvio padrão maior no VRAT poderia produzir carros fora do especificado.

Figura 12 – Gráfico para avaliação de VRAT durante a produção.



A avaliação combinada do CEP para cross camber e cross caster asseguram que o veículo não terá problemas com desgaste prematuro de pneus além do torque excessivo no volante (REIMPELL; STOLL; BETZLER, 2001), e é facilmente verificada pela engenharia de produção.

A documentação deve ser clara e objetiva, para facilitar o desenvolvimento do FMEA de Processo e do Plano de Controle Dimensional.

CONCLUSÃO

Nos projetos de engenharia, particularmente na área automotiva, sempre existe limitações de tempo. A necessidade de introduzir novos produtos para manter as vendas ou preservar alguma vantagem com-

petitiva leva a diminuição constante no tempo disponível para desenvolver novos produtos (BLUNDELL, HARTY, 2004). Neste cenário, os modelos computacionais de dinâmica veicular utilizados durante o desenvolvimento contribuem para reduzir o número de protótipos e testes físicos necessários para aprovar o veículo para produção.

Também é possível reduzir o tempo necessário para desenvolver um novo produto, documentando efetivamente os resultados das simulações computacionais do projeto atual para serem utilizados nas fases iniciais de um novo projeto com especificações similares. Os cinco passos da revisão aplicada complementam a fase de revisão no processo em V e auxilia a engenharia de produto a transmitir toda informação do projeto necessária para alcançar esta redução dos prazos de entrega com qualidade.

Os resultados dos modelos computacionais de dinâmica veicular têm grande potencial de serem utilizados na resolução de problemas de variação das características dimensionais significativas para o processo, principalmente quando estes resultados são transformados em tabelas e gráficos relacionados com os fatores estáticos, como cross caster e cross camber. Estes gráficos podem ser utilizados pela manufatura para tomar decisões imediatas e assegurar a redução dos custos com a má qualidade na fabricação do produto.

A engenharia de processo pode planejar as etapas de protótipo, acompanhar as medições das características significativas e validar a produção, além de atuar rapidamente caso alguma característica esteja fora do especificado com o plano de reação. Também pode utilizar os gráficos apresentados para aprovar ou segregar lotes de veículos produzidos, repara-los antes de enviar para o cliente final e corrigir o sistema para continuar a produzir dentro do especificado.

Este processo de revisão aplicada dos resultados de modelos computacionais interdisciplinares deve ser utilizado para aumentar a interação entre desenvolvimento de produto e manufatura, reduzir o tempo de desenvolvimento de novos produtos e melhorar a qualidade dos novos veículos projetados.

REFERÊNCIAS

BLUNDELL, M.; Harty, D. Multibody Systems Approach to Vehicle Dynamics. Inglaterra: Elsevier Limited, 2004.

GILLESPIE, T. D. Fundamentals of Vehicle Dynamics. Estados Unidos: Society of Automotive Engineers, 1992.

HARTY, D. The myth of accuracy. The Journal of the Engineering Integrity Society, 1999.

KIM, S. A subsystem synthesis method for efficient vehicle multibody dynamics, Multibody System Dynamics, 7, 189-207. 2000.

MILLIKEN, W. F., Race Car Vehicle Dynamics, Society of Automotive Engineers, 1995.

MONTGOMERY, D. C.; Runger, G. C. Applied Statistics and Probability for Engineers. Estados Unidos: John Wiley and Sons, 2006.

MURARI, T. B. et al. Proposição de um método computacional para avaliar o impacto das variações dimensionais na tendência direcional de um veículo automotor. Congresso SAE Brasil 2011, n. 2011-36-0184, 2011.

OH, S.; Cho, Y.; Gim, G. Identification of a vehicle pull mechanism. Society of Automotive Engineers 2000 World Congress, n. 2000-05-0253, 2000.

PACEJKA, H. B., Tyre and Vehicle Dynamics, Butterworth-Heinemann, Oxford, 2002.

PARK, K. et al. Robust design optimization of suspension system considering steering pull reduction. International Journal of Automotive Technology. 14, 6, 927-933, 2013.

REIMPELL, J.; Stoll, H.; Betzler, J. W. The Automotive Chassis. Estados Unidos: Society of Automotive Engineers and Edward Arnold Publishing/Bookpoint, 2001.

ABREVIAÇÕES

VRAT – *Vehicle Residual Alignment Torque*

CRAT – *Conicity Residual Alignment Torque*

PRAT – *Plysteer Residual Alignment Torque*

MODELAGEM DE DADOS ESTATÍSTICOS E GEOGRÁFICO DE SENSORES

Mauricio Ferreira Amaral
Leandro Brito Santos
Flávio Galvão Calhau

MODELAGEM DE DADOS ESTATÍSTICOS E GEOGRÁFICO DE SENSORES

INTRODUÇÃO

A agricultura familiar é constituída por pequenos e médios produtores, que representa uma forma de organização social, cultural e econômica na qual são realizadas atividades de base, do tipo cultivo de subsistência.

Isso significa que a agricultura familiar, ao contrário do que muitos pensam, tem um papel fundamental na produção dos alimentos e na manutenção da economia agrícola brasileira. O homem do campo forma, assim, a base da economia primária do Brasil segundo (Fiaschitello, 2014).

Essas atividades são organizadas e gerenciadas pela mão de obra dos agricultores familiares, que embora sejam heterogêneas, exercem um papel relevante para o desenvolvimento do país cujo objetivo baseia-se em adotar medidas para aumentar a produtividade no plantio com baixo custo. (Schneider, 2006).

Porém, a agricultura família ainda carece de incentivos, meios e condições técnicas e econômicas adequadas para subsidiar a melhoria da produção e consequentemente a qualidade de vida dos pequenos agricultores, além de proporcionar um incremento no potencial produtivo e a sua relação sustentável com o meio ambiente. A relação dos produtores rurais com o meio ambiente tem sido, dentro ou fora da agricultura familiar, inapropriado quanto à utilização dos recursos naturais e de preservação do meio ambiente (Fiaschitello, 2014).

Os grandes produtores têm devastado áreas destruídas e poluído gravemente o campo, inclusive as áreas de matas virgens. O pequeno produtor tem subutilizado os recursos naturais devido ao modelo de

cultivo e manejo de culturas proporcionado pelas multinacionais, que estimula a monocultura e o uso de fertilizantes e defensivos químicos. O sistema de produção predominante no Brasil tem afetado gravemente as famílias que vivem no campo. Estas famílias têm sido exploradas economicamente e privadas dos conhecimentos nativos de suas culturas locais quanto aos recursos e formas de produções tecnologicamente inteligentes e ecologicamente sábias (Fiaschitello, 2014).

Em (Buainain, 2006) é apresentado exemplos de inovações tecnológicas com viés favorável à produção especializada em larga escala, ainda pouco utilizada pelos agricultores familiares brasileiros, em sua maioria, pequenos e médios proprietários de terra. As vantagens efetivas dependerão do contexto institucional específico de cada país, região, cultura, território e localidade, com isso o papel do *software* é fundamental para os agricultores que poderá aumentar cada vez mais sua produção.

(Buainain, Silveira e Sousa, 2002), verificou que o mundo cada vez mais globalizado, abre espaço para a utilização de tecnologias em diversas áreas, incluindo a agricultura familiar. O contínuo desenvolvimento tecnológico permite tanto potencializar vantagens associadas à forma de organizar da produção e criar oportunidades de negócios, quanto ao agricultor que vai obter competitividade aos demais, com auxílio do uso de tecnologias, no auxílio da qualidade e monitoração da produção.

Segundo (Yari, 2014) o crescimento mundial por alimentos em contrapartida à diminuição das terras agricultáveis, demanda de melhora da produtividade com redução de custos tem tornando a tecnologia aliada no aumento de produção, possibilitando planejar o processo produtivo, desde o preparo do solo, colheita, racionalização do uso de fertilizantes e insumos até o cuidado com o meio ambiente.

Em (Anderson, 2012) foram estudadas algumas variáveis climáticas, tais como temperatura e umidade relativa do ar, no que tange a influência sobre a produção agrícola. Uma vez combinadas adequada-

mente, podem resultar em incrementos quantitativos e qualitativos do produto final, o que as tornam indispensáveis no monitoramento e manejo dentro do ambiente de produção. A aquisição de dados é uma importante ferramenta que pode auxiliar nesse processo, resultando em maior eficiência e uso racional dos recursos.

As informações de umidade e temperatura relativa do ar podem auxiliar na análise de condução da lavoura, uma aplicação fitossanitária mal sucedida, por exemplo, pode ser investigado com base em dados vindo do mesmo segundo (Agro Basf, 2015).

A decisão de data de colheita pode ser feita a partir do padrão de umidade relativa do ar apresentada no local. Ambos gráficos e *dashboards* (painel de instrumentos) podem auxiliar na análise de ações tomadas na lavoura, com relação entre a precipitação e precipitação acumulada de chuva e ampliação de fitossanitária (agrotóxicos) relaxada na lavoura.

Segundo (FapeRJ, 2015) outra coisa seria, quer o principal fator para o surgimento de doenças agrícolas tais como a "Requeima" do tomate. Transmitida pelo um fungo quer ataca toda a parte da planta, queimando a toda. Bastam 12 horas de chuvas ou irrigação contínua com temperaturas em torno de 17 graus *Celsius*, para criar essas condições de infecção.

Os dados processados levam em consideração modelos matemáticos de previsão de ocorrências de doenças, tendo como resultado informações que indicam o momento mais adequado para o controle de fertilizantes de diversas doenças, em culturas diferentes, exemplos; Frutas, verduras e legumes, ao mesmo tempo. Redução de incertezas na tomada de decisão e perdas no processo produtivo. O agricultor utilizará as informações coletadas para ser feitas em várias dimensões, a partir de séries históricas. O agricultor rural também poderá, por exemplo, comparar o desempenho entre talhões de sua propriedade. Talhões são área de comum cultivo. Com as informações já processadas, facilitará a gestão dos negócios e o manejo das plantações. Com isso, o produtor não apenas consumirá informações, mais também

irá compartilhar suas informações a comunidade rural e seus fornecedores (Claudia, 2009).

A aplicação de tecnologias computacionais e sistemas de código aberto oferece aos produtores rurais de pequeno porte, agricultura familiar e orgânica, uma boa alternativa para auxiliar no processo de monitoração e na tomada de decisão nas atividades pertinentes ao cultivo familiar, possibilitando desta forma, melhorar a produção e a qualidade dos produtos. A contribuição deste trabalho reside na modelagem computacional utilizada para monitorar e auxiliar a tomada de decisão do pequeno agricultor no âmbito da agricultura familiar. A modelagem da solução contempla a apresentação da estrutura do banco de dados, o modelo lógico e físico e a sua versão *web* e *móbile* voltado para análise da situação do plantio e seus respectivos monitoramentos remotos.

O capítulo está organizado da seguinte forma: na seção 2 são abordados os benefícios à agricultura proveniente do emprego das tecnologias utilizadas ou especificada, a modelagem orientada a objeto. A seção 3 aborda o diagrama do sistema como está especificado as funcionalidades do mesmo. A seção 4, 5, 6 aborda sobre a modelagem do banco de dados. A seção 7 aborda sobre o sistema *web*. A seção 8 aborda sobre a construção do modelo computacional para modelar os dados através de sensores.

MODELAGEM DE DADOS ESTATÍSTICO APLICANDO À AGRICULTURA FAMILIAR

Os agricultores tomam decisões baseados na intuição, com baixa avaliação de riscos, condicionadas, também em necessidades emergentes, são geralmente reflexivas e demoradas, rotineiras, compartilhando e baseados mais na experiência (Leandro, 2006).

Utilizar tecnologias e *software* para monitorar e coletar os dados reduz as incertezas e riscos nas avaliações e tomadas de decisões por parte do agricultor rural.

As tecnologias atuais estão cada vez mais portáveis, possibilitando na utilização de *softwares* em diversos sistemas operacionais, que podem ser executados através de tecnologias *WEB* e em ambiente *móbile* como *smartphone* e *tablet*.

Os sistemas *web* proporcionam competitividade a um ambiente que é abrangente ao uso da aplicação de sistemas contribuindo no aperfeiçoamento e no aumento da produtividade. Outras atividades pertinentes à agricultura familiar exigem auxílio de máquinas equipamentos e serviços manuais cujo controle e gerenciamento podem afetar ou contribuir diretamente na produtividade. Nesta situação, a possibilidade de utilização de *software* com capacidade para coletar dados (temperatura e umidade) através de sensores além de prover a monitoração da lavoura, contribui para salvaguardar a produção agrícola.

Na fase de análise de sistemas, utilizaremos tecnologias computacionais licenciadas e baseadas em *software* livre com intuito de minimizar os gastos operacionais, de desenvolvimento e manutenção. A linguagem de programação PHP será usada para gerar conteúdo dinâmico para web (PHP, 2015).

O banco de dados utilizado é o *PostgreSQL*, haja vista que este é um SGBD (Sistema Gerenciador de Banco de Dados) *Open Source* objeto-relacional (PostgreSQL, 2015). No que tange a criação dos gráficos com os dados monitorados, será utilizada a biblioteca *Javascript* (*Highcharts*, 2015).

O projeto de software é gerenciado e modelado utilizando o *Scrum* que é uma metodologia ágil para gestão e planejamento de projetos de *software*. No *Scrum*, os projetos são divididos em ciclos, conhecidos como *Sprints*. O *Sprint* representa um *Time Box* dentro do qual um conjunto de atividades deve ser executado (Scrum, 2015).

O Agrônomo (Rodrigo, 2015), relata que os benefícios dos dados de temperatura e umidade são de extrema importância na agricultura familiar, como por exemplo: utilização de estações de aviso, para

fazer alertas sobre áreas da fazenda, indicando local onde pode estar ocorrendo superaquecimento. Essas estações fazem o monitoramento e enviam mensagens para difusão de informações agrometeorológicas e fitossanitárias de apoio ao desenvolvimento da agricultura. Existem estações que faculta o agricultor a utilizar, por exemplo, uma aplicação de fungicida caso a temperatura e umidade possa propiciar doenças.

De posse dos dados, o agricultor pode indicar um produto para proteger a plantação, como, determinar em qual região e cultura é mais adequado de acordo com o clima. O agricultor familiar também pode trabalhar com estação climatológica e em conjunto com um profissional tomar decisões no cultivo (Rodrigo, 2015).

O processo de auxílio à tomada de decisão, subsidiadas pela tecnologia, pode ser aplicada, por exemplo, em situações, do tipo: (i) A coleta de dados de temperatura e umidade para posterior análise, possibilitando gerar um histórico de dados e consequentemente realizar projeções; (ii) Utilização de produtos para prevenir pragas e doenças.

Com a diminuição de temperatura e aumento de umidade, o agricultor começaria uma pulverização com calda bordalesa e/ou silício para prevenir a entrada de requeima (*Phythophtora infestans)* em tomate ou barata segundo agrônomo (Sergio, 2015).

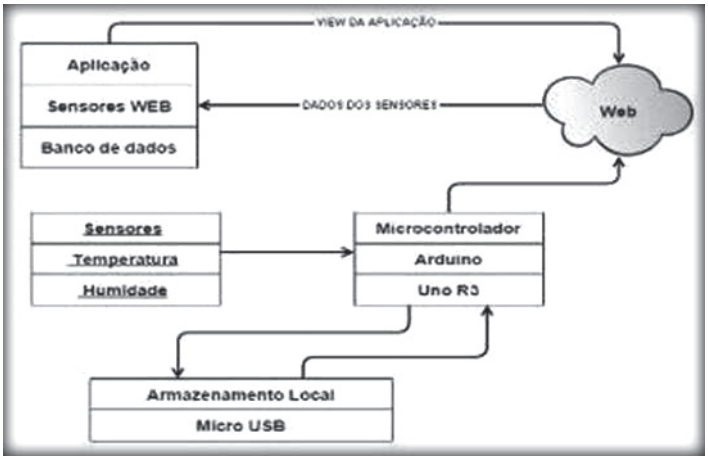
A informação pertinente à precipitação de chuva, por exemplo, pode ser útil para definir o momento de irrigação, com os dados de pluviometria do local, definindo quando é quanto deve irrigar e suprir a necessidade de água da cultura, dependendo do tipo de solo argilosos ou arenoso e tipo de cultura irá utilizar, haja vista, que a cada plantação possui um coeficiente de umidade mais adequado.

Dados de temperatura e umidade são utilizados para fazer secagem e armazenamento de grãos. Na irrigação tem muita relevância igualmente na evapotranspiração e umidade do solo. É comum correlacionar os dados como, por exemplo: podendo prever a data de colheita com base nas quantidades de “graus dias” ocorridos.

Milho é uma planta termossensível, daí, a depender da temperatura, a colheita pode ser mais rápida ou demorada. Com a umidade do solo podemos medir utilizando um tensiômetros onde ele mede por diferença de pressão. Com dados de temperatura e umidade é possível predizer uma probabilidade de ocorrências de pragas segundo o Agrônomo (Rodrigo, 2015). Ou ainda quanto algumas culturas termossensíveis são colhidas. Entretanto, para ambos os casos, é necessário calibrar a correlação.

A Figura 1 apresenta à arquitetura de *software* com todos os processos de auxílio à tomada de decisão. O processo é iniciado com a coleta dos dados de temperatura e umidade, esses dados são obtidos através de um sistema embarcado em uma micro controladora, que executa duas tarefas: (1) Enviar as informações para o banco de dados em um servidor web e; (2) Realizar o *backup* das informações capturadas em uma memória local. Com os dados armazenados no SGDB (Sistemas Gerenciador de Banco de Dados) é possível visualizar as informações através de gráficos e relatórios remotamente além de facultar a conversão (exportação) em outro formato (ex., pdf).

Figura 1 – Arquitetura do software



Fonte: Os autores

As próximas seções do capítulo descrevem as etapas da modelagem e manipulação dos dados coletados através dos sensores de temperatura e umidade.

DIAGRAMAS DE CASOS DE USO

Esse diagrama documenta o que o sistema faz do ponto de vista do usuário. Em outras palavras, descreve as principais funcionalidades do sistema e a interação do usuário com as funcionalidades providas pelo sistema.

Este artefato é comumente derivado de especificação de requisitos, que por sua vez não faz parte da UML. Pode ser utilizado também para criar o documento de requisitos. Diagramas de Casos de Uso são compostos basicamente por quatro partes segundo (Ribeiro, 2015).

- **Cenário**: Sequência de eventos que acontece quando um usuário interage com o sistema;
- **Ator**: Usuário do sistema, ou seja, um tipo de usuário;
- **Use Case**: Tarefa ou uma funcionalidade realizada pelo ator (usuário);
- **Comunicação**: É a interação entre um ator com um caso de uso, este diagrama documenta o que o sistema faz sob o ponto de vista do usuário.

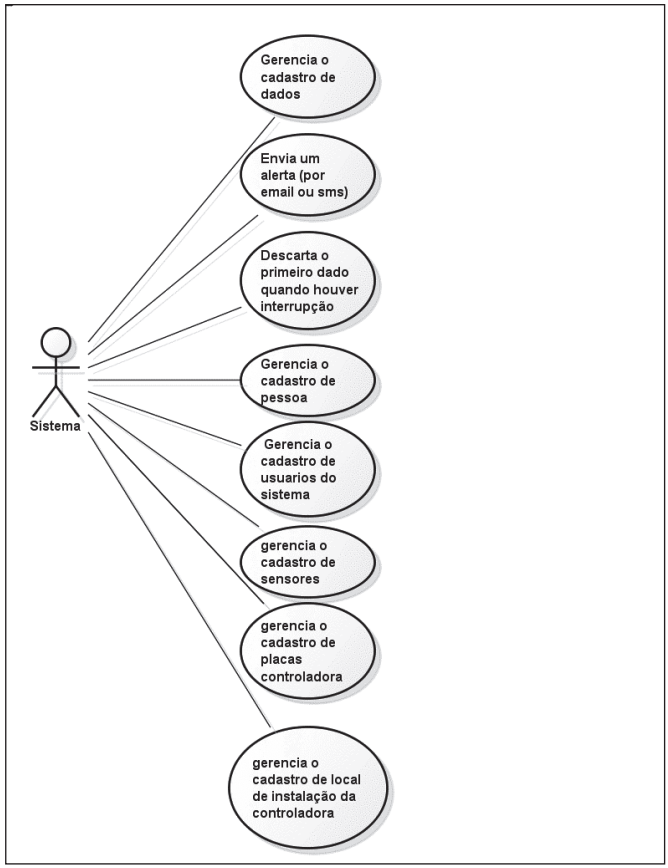
Casos de uso lidam apenas os requisitos funcionais para um sistema. Outros requisitos, Como regras de negócios de qualidade de serviço requisitos e restrições de implementação devem ser representados separadamente. Arquitetura e detalhes internos também devem ser descritos separadamente. Para obter mais informações sobre como definir os requisitos de usuário segundo (Microsoft, 2016).

A Figura 2 apresenta o modelo do digrama de caso de uso do projeto. A modelagem dos dados antecede a especificação das principais funcionalidades do sistema que são os cadastros, o gerenciamento das informações e alertas que o sistema emite.

Logo abaixo as funcionalidades acontecem da seguinte maneira:

1. O gerenciamento de cadastro de dados: É efetuado pela placa controladora para ser armazenado na base de dados. Esses dados vão ser tratados e modelados para serem gerados resultados estatísticos.
2. O tratamento de envio de aleta por e-mail ou SMS, esse tratamento e essencial, pois qualquer problema entre o gerenciamento de envio e o cadastramento dos dados o sistema comunica com seu usuário final. Caso ocorra uma falha de energia ou hardware.
3. O sistema efetua cadastro de usuários, de propriedades e suas placas controladoras.
4. as placas cadastradas precisam de pontos geográficos para que os dados sejam cadastrados de forma organizada em cada localidade de sua propriedade.
5. O cadastro de sensores em determinadas placas, dependendo da necessidade do proprietário.

Figura 2 – Diagrama de Caso de Uso funcionalidades do sistema



Fonte: Os autores

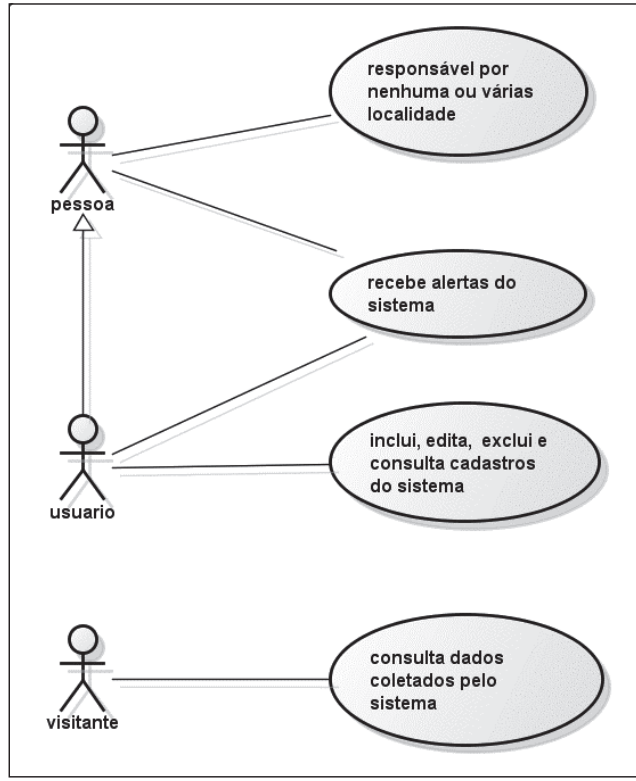
Neste caso, a figura humana não coincide com a natureza do ator. Possível, entretanto, através de mecanismos de extensão, criar grafismos especiais ou especializados na UML para indicar tipos de atores segundo (Cefet, 2016).

Na Figura 3 é apresentando o diagrama de caso de uso mais próximo e seus relacionamentos entre os autores. (1) O autor pessoa é responsável por nenhuma ou várias localidades de uma mesma proprieda-

de, sendo que ele recebe alerta por e-mail ou SMS, e o mesmo pode incluir e editar, excluir e consultar. (2) O visitante tem permissão de consulta de dados que podem ser coletados pelo sistema, só podem visualizar as informações necessárias.

Permitindo descrever um requisito como se contasse uma história, fica, mas fácil descrevê-los conforme cenários ou história. Então suas características principais documentam o que o sistema faz do ponto de vista do usuário, em outras palavras, eles descrevem as principais funcionalidades dos sistemas e a interação dessas funcionalidades com os usuários do mesmo sistema.

Figura 3 – Diagrama de Caso de Uso relação dos atores



Fonte: Os autores

MODELAGEM DE BANCO DE DADOS

A representação do modelo conceitual em forma gráfica é realizada através do Diagrama Entidade e Relacionamento (DER), que identificará todas as entidades e relacionamentos de uma forma global. No DER não é mencionado o detalhamento específico do modelo de BD.

O modelo conceitual mais utilizado é o de entidade e relacionamento (ER), que é ajudado pelo DER, que na prática, constitui o modelo básico do BD, segundo (Macedo, 2015). O ER é utilizado para representar graficamente o esquema conceitual. Uma visão geral do sistema pode ser compreendida de modo relativamente fácil sobre o ambiente de dados.

O ER é independente de *hardware* ou *software*, ou seja, não depende de nenhum SGBD utilizado para implantá-lo. Por tanto, qualquer alteração no *software* ou *hardware*, não terão efeito no nível conceitual. Esta técnica de modelagem foi desenvolvida para representação do modelo conceitual, permitindo especificar quais dados devem ser representados a partir do contexto observado.

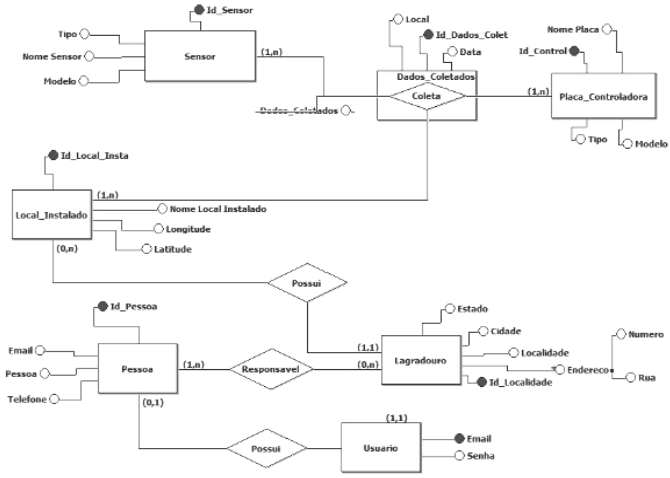
O MER é um modelo baseado na percepção do mundo real, que consiste em um conjunto de objetos básicos chamados de entidades e nos relacionamentos entre esses objetos.

A técnica adota representações gráficas bastante simples, visando:

- Explicitar a solução projetada para os usuários;
- Facilitar a comunicação entre os projetistas e os usuários,
- Diagramas fáceis de entender e alterar;
- Técnica amplamente difundida e utilizada. Atualmente, a maioria dos bancos de dados disponíveis no mercado utiliza a abordagem relacional como modelo de dados.

Na aplicação *Web* proposta é apresentar o modelo conceitual do sistema, no qual se observa os atributos e relacionamentos entre suas entidades. A Figura 4 ilustra o modelo conceitual dos dados.

Figura 4 – Modelo Conceitual dos dados



Fonte: Os autores

MODELO ER LÓGICO

O projetista relaciona as características e restrições do modelo conceitual com as do modelo selecionado para implementação. O modelo lógico constitui uma representação específica de um modelo interno, utilizando as estruturas de BD suportada pelo banco escolhido.

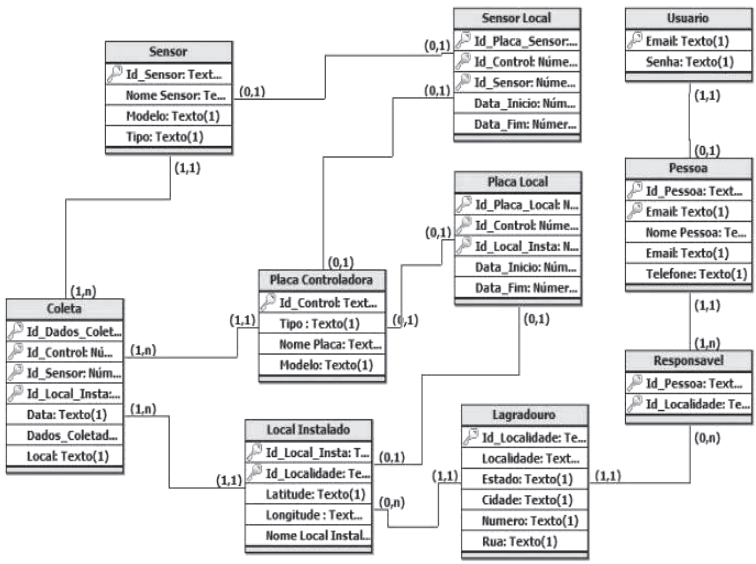
Em um Banco de Dados Relacional (BDR), o esquema interno é expresso utilizando linguagem SQL. Neste nível, o modelo lógico depende do software. Por tanto, qualquer alteração feita no SGBD exige que o modelo interno seja alterado para adequar-se às características e exigências de implementação do modelo de BD (Macedo, 2015).

Uma vez modificado o modelo lógico sem impactos ao modelo conceitual, a independência lógica é engendrada. No entanto, o modelo

lógico contínuo independente de *hardware*, ou seja, qualquer alteração (escolha de um computador, sistema operacional diferente) não afetará no modelo lógico. É nesta modelagem que serão definidas os padrões e nomenclaturas, chaves primárias e estrangeiras, sempre levando em consideração o modelo conceitual.

Na Figura 5 é apresentado o modelo lógico do sistema. No modelo lógico são realizadas as normalizações, solucionando as dependências corretamente, sem nenhuma anomalia, como por exemplo: de chave, duplicidade e dentre outras.

Figura 5 – Modelo Lógico dos dados



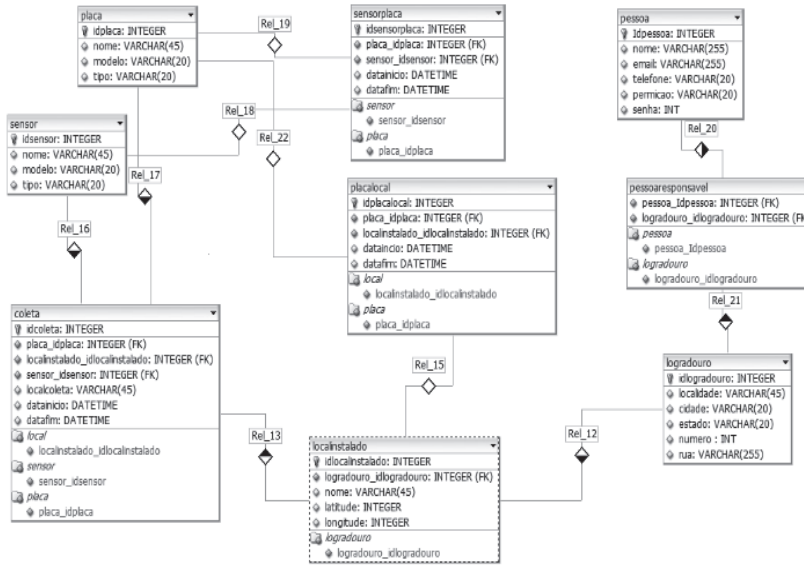
Fonte: Os autores

MODELO FÍSICO

O modelo físico de um banco de dados está relacionado com a implementação de um modelo lógico em algum sistema de banco de dados disponível (*SQL SERVER*, *ORACLE*, *FIREBIRD*, *MYSQL*, *POSTGREN*).

No modelo físico, mapeamos a entidades em tabelas e os atributos em colunas pertinentes às tabelas. O modelo físico não está limitado a apenas a essa implementação, mas também a técnicas de *tunning* (melhorias de desempenho). A desnormalização também pode ser utilizada para angariar ganho de desempenho (Macedo, 2015). Na Figura 6 ilustra o modelo físico do sistema, no qual será implementado o Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD), informando as tabelas, bem como as chaves primárias e estrangeiras e seus relacionamentos.

Figura 6 – Modelo Físico Computacional



Fonte: Os autores

SISTEMA WEB

A principal interface entre o sistema de monitoramento e o usuário é o sistema *Web*. A função fundamental deste é facilitar e possibilitar ao usuário do sistema, o agricultor, informações agras meteorológicas de sua plantação.

Um sistema complexo em níveis de acesso e usabilidade faz com que o usuário repudie o sistema, principalmente aqueles com pouco conhecimento de informática. O intuito é o desenvolvimento de um sistema com acessibilidade facilitada e que seja visto como uma ferramenta que os ajude fornecendo subsídios para a melhoria do sistema produtivo.

O sistema *web* está sendo desenvolvido em linguagem PHP, e possui como, funcionalidades básicas de projeto: o (i) gerenciamento de micro estações determinando nome, local e quais sensores estão presentes; (ii) adicionar informações para uso do coletor de dados manuais; e (iii) consultar informações climáticas do micro estações.

Os resultados das consultas ao banco de dados do sistema são apresentados ao usuário na forma de gráficos e tabelas para cada micro estação. O banco de dados utilizado para guardar a informação, foi o *PostgreSQL*, pela sua popularidade, fácil integração com a linguagem PHP para o desenvolvimento do sistema *web* e por ser um *software* livre com base na licença GPL.

Além de tabelas como cadastro de usuários, Arduíno e sensores, existe uma tabela principal que armazena os dados dos sensores. Esta tabela é organizada através dos campos: identificação da coleta, identificação do Arduíno, valor do sensor, tipo do sensor e hora da coleta.

Segundo (Antenucci, 1991), constituem-se na integração três aspectos distintos da tecnologia computacional, a saber: (1) gerenciamento de Banco de Dados (dados gráficos e não gráficos), (2) procedimentos para obtenção, manipulação, exibição e impressão de dados com representação gráfica, e (3) algoritmos.

Dentro da área de Computação participam ainda, diversos outros domínios, como por exemplo, Processamento de Imagens, Computação Gráfica, Banco de Dados, Algoritmos, Interface com Usuário.

A aplicação da tecnologia a agricultura vai ajudar ao agricultor a entender e rastrear as perdas e ganhos em sua fazenda. O s*oftware* está em fase de construção, 30% do *software*. Ajustes pertinentes à cria-

ção da captação dos dados e a base de dados refletindo corretamente com o sistema estão sendo realizados. A interface homem-máquina está na fase final.

DADOS CAPTADOS MOSTRADOS GRAFICAMENTE A APLICAÇÃO *WEB* E *MÓBILE*

A colheita é uma das etapas mais importantes do processo de produção e, quando malconduzida, acarreta perda de produtos, comprometendo os esforços e os investimentos dedicados à cultura.

A utilização da aplicação *web* e *móbile* mostra a temperatura ambiente do local com intuito de analisar estes dados para auxiliar em tempo hábil, através de gráficos, a umidade relativa do ar considerada um dos fatores determinantes de áreas para plantio.

O agricultor familiar pode utilizar o aplicativo *móbile* para visualizar conteúdos onde o dispositivo vai exigir um menor armazenamento e velocidade de conexão, mesmo sendo mais lenta faz com que a mensagem e os gráficos tenham que ser mais simples possível e de forma direta. Contendo imagens menores com textos informativos e respostas mais rápidas.

Hoje os agricultores que irão utilizar em seus dispositivos móveis o aplicativo, buscam cada vez mais agilidade quando procuram informação. Onde a preocupação é a real experiência do agricultor.

Os gráficos que serão disponibilizados no aplicativo iram ajudar o agricultor a tomar decisões, conforme o ambiente de sua lavoura, o mesmo terá como visualizar os conteúdos de (temperatura e umidade), caso tenha oscilações ou impactos. Para ajudar o agricultor cada vez mais em seu ambiente de trabalho.

O aplicativo *móbile* mais a aplicação *web* e os agricultores têm uma relação forte no fator decisivo, para trazer facilidade e interatividade.

O teor adequado de umidade dos produtos por ocasião da colheita constitui fator que leva à obtenção de melhor rendimento de alimentos inteiros no beneficiamento e à redução de perdas. Almejan-

do melhorar o desempenho no plantio e na colheita, a utilização de tecnologia é imprescindível, haja vista que, esta possibilita o monitoramento diário, podendo antecipar, com uma maior precisão, fatores meteorológicos e com isso, contribuir com o agricultor nas tomadas de decisão.

Aplicação *Móbile*

Segundo (Portal Colunista, 2015) tudo começou em julho de 2005 quando a Google comprou uma pequena empresa localizada em Palo Alto na Califórnia (EUA), chamada *Android Inc*. Naquela época foi desenvolvida uma plataforma de telefonia móvel baseado no *software Linux*, tendo por objetivo ser uma plataforma aberta e de fácil manuseio para os que a fabricavam.

Em dezembro de 2006 surgiram boatos em que as pessoas começaram a dizer que o Google estava entrando para o mercado de telefonia móvel, sendo publicadas notícias nos principais veículos de mídia dos Estados Unidos, segundo (Portal Colunista, 2015).

Em novembro de 2007, foi lançado o *Open Handset Alliance* (OHA), que consistia em um grupo de empresas que se juntaram para ajudar na construção de um telefone móvel melhor. Tal grupo, liderado pelo Google, incluía operadoras de telefonia móvel, fabricantes de aparelhos, provedores de plataformas e empresas de marketing, somando mais de trinta empresas, segundo (Portal Colunista, 2015).

Segundo (Portal Colunista, 2015) enfim, no ano de 2008 foi lançado o *Android Market*, que consistia em um canal dentro do aparelho onde os desenvolvedores podiam vender os aplicativos e os usuários podiam comprar baixar e atualizar os aplicativos já adquiridos.

O protótipo das telas em *Android* mostra a interface e a comunicação entre homem e a máquina que torna ainda mais fácil a interação, entre os mesmos, buscando sempre disponibilizar o serviço mais simples possível para o agricultor consiga acessar o sistema com maior facilidade.

Algumas vantagens e desvantagens em utilizar aplicação *móbile*:

As vantagens: (1) Facilidade de uso: possibilitam melhor experiência para uso de recursos e interface dos dispositivos, otimizando a navegação e a agilidade das ações. (2) menor custo de acesso: como a interface é adaptada para o dispositivo, o tráfego de dados necessários para navegação é muito menor se comparado ao uso de navegadores convencionais. (3) Melhor uso dos recursos disponíveis: Os aplicativos possibilitam melhor experiência com os recursos que o aparelho possui como GPS, câmera fotográfica, *bluetooth*, entre outros. (4) Acesso *off-line*: muitos aplicativos armazenam informações que possibilitam navegação mesmo sem acesso à internet. É possível uma empresa vender bens, conteúdos e acessos *premium* dentro dos aplicativos, (Porto, 2011).

As desvantagens: (1) Atualização de versões: com o lançamento de novos modelos de smartphones e *tablets*, os sistemas operacionais melhoram e permitem novas possibilidades aos aplicativos. (2) Plataformas diferentes: Cada marca possui sua própria plataforma de aplicativos, (Porto, 2011).

O aplicativo *móbile*, mas a utilização de gráficos pode ser aplicada em inúmeras áreas de atividades, possibilitando evidenciar a previsão, relação, comparação, prospecção, serie histórica e entre outras variáveis existentes para a análise de valores. O agricultor poderá utilizar essas informações dos mesmos, para melhorar cada vez mais sua produção, sua área de trabalho, melhor direcionar seus familiares onde atuar corretamente, sabendo utilizar em momentos cruciais as ferramentas que estarão disponíveis para atuação.

Os gráficos estatísticos segundo (Nobrega, 2008) têm que existe clareza nas informações, para obter uma interpretação correta dos dados e valores a serem analisados a esses fenômenos, contudo a simplicidade deve ser distribuída de detalhes de importância secundária, assim como de traços desnecessário que possam levar o observador a uma análise ruim ou com erros. De acordo com (Martinelli, 2003, p. 27), “Dados são fatos; em si não trazem grande significado; só

depois que eles forem de alguma forma agrupados ou processados é que poderemos ver o significado ser revelado".

Na figura 7 é apresentado o *login* onde o mesmo, obtendo o *software* será criando uma senha autenticada com o servidor para o agricultor ter acesso ao monitoramento de sua propriedade, atendendo sempre suas necessidades onde estiver com acesso a *internet*, pelo *tablet* ou *smartphone*, poderá consulta e verificar informações em tempo real de sua lavoura.

Figura 7 – APP – Agricultura Familiar

Fonte: Os autores

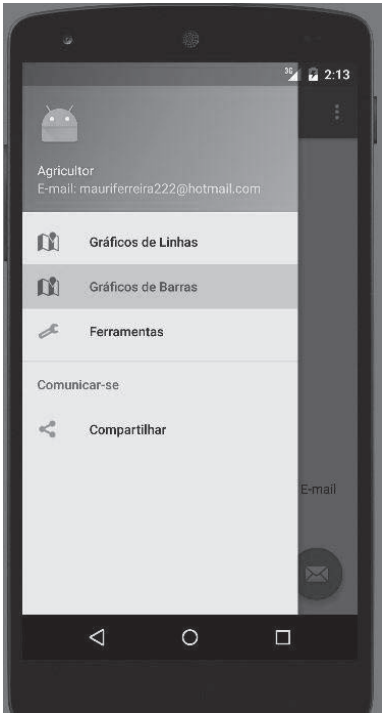
Na figura 8 abaixo é apresentada a tela inicial do, com botões que mostrar os gráficos para o usuário em tempo real ou tempo em tempo, e a comunicação via e-mail.

Figura 8 – APP – Agricultura Familiar

Fonte: Os autores

Na figura 9 é apresentado o perfil do usuário com link, s para os gráficos, podendo compartilha informações do sistema, para suas redes sócias, e outras ferramentas.

Figura 9 – APP – Agricultura Familiar



Fonte: Os autores

Na figura 10 ilustra a aba de opção para configuração, sobre, e de sair do sistema, para uma eventual solicitação do usuário.

Figura 10 – APP – Agricultura Familiar

Fonte: Os autores

CONCLUSÃO

O sistema proposto possibilita utilizar tecnologias e modelagem de software para monitorar e auxiliar a tomada de decisão do pequeno agricultor no âmbito da agricultura familiar, a qual é responsável pelo grande volume de consumo alimentício do Brasil. À aplicação *web* e móbile vai ser utilizado para o controle de vários aspectos que podem trazer impactos em todo ambiente, o incentivo a utilização dessas tecnologias para apoiar no avanço e no fomento deste nicho de mercado (Buainain, 2006).

O futuro da agricultura familiar depende, de forma crucial, da capacidade e da possibilidade aproveitar e potencializar oportunidades

decorrentes das possíveis vantagens associadas à organização familiar da produção e, ao mesmo tempo, neutralizarem ou reduzirem desvantagens competitivas que enfrentam em função da adoção de recursos precários aplicado na produção.

A tecnologia sendo bem aplicada a agricultura familiar proporciona vantagens inerentes ao processo de tomadas de decisão, cuja consequência impacta diretamente na qualidade da produção.

REFERÊNCIAS

ANTENUCCI, J.C.; Brown, K.; Croswell, P.L.; (1991) et al. "**Geographic Information Systems: A guide to the technology**". Van Nostrand Reinhold.

ANDERSON M, Luciano R, Jarbas H, Késia O, "**Sistema Automatizado Para Coleta De Dados De Umidade Relativa E Temperatura Do Ar**", 9, 2012, Piracicaba.

AGRO BASF, "**Agrodetecta**"**,** Disponível em: <http://www.agro.basf.com.br/agr/ms/apbrazil/pt_BR/content/APBrazil/tools/agrodetecta_new>. Acesso: 27 Set. 2015.

BUAINAIN, A. M., Souza Filho, H.; Silveira, J. M. (2002), "**Inovação tecnológica na agricultura e agricultura familiar.**" In: Lima, D.; Wilkinson, J. (Org.). "**Inovação nas tradições da agricultura familiar**". Brasília, CNPq/Paralelo.

BUAINAIN, A. M., Souza Filho, H.; Silveira. (2006), "**Agricultura familiar, agroecológica e desenvolvimento sustentável: questões para debate**". Brasília: IICA.

CLAUDIA M, "**A estrada sem fio do mundo rural em rede**", jornal da Unicamp, 24, 30, 2009, Campinas.

CEFET, 2016**,** "**Capitulo I: Caso de Uso**"**,** Disponível em: <ftp://ftp-acd.puc-campinas.edu.br/pub/professores/ceatec/dpiva/SI2/Caso%20de%20Uso/Caso%20de%20Uso%20-%20Cap%201.pdf>. Acesso: 12 mar. 2016.

FAPERJ**,** "**Estações meteorológicas ajudam a reduzir uso de agrotóxicos**", Disponível em <http://www.faperj.br/?id=2387.2.7>. Acesso: 27 Set. 2015.

PORTO, F, "**Aplicativos Mobile: definições, história e previsões**", Disponível em <http://tectriadebrasil.com.br/blog/mercado-de-midias-sociais-blog/aplicativos-mobile-definicoes-historia-e-previsoes/>. Acesso: 07 mar. 2016.

FIASCHITELLO, Alberto; Times Epoch. (2014), "**Sistema Mandalla: um projeto autossustentável promissor para o Brasil**", Disponível em <https://www.epochtimes.com.br/sistema-mandalla-projeto-auto-sustentavel-promissor-para-brasil/#.VlLpOKtEmAk>. Acesso: 23 Nov. 2015.

HICHCHARTS. "**Verifiquem os seus dados vêm vivo**" Disponível <http://www.hichcharts.com>. Acesso: 10 jun. 2015.

LEANDRO P, Alexandre T, Sibele V. Dionéia D, "**O processo de tomada de decisão e a teoria da convergência no setor agrícola: um estudo de caso para o município de Boa Vista das Missões (RS)**", Boa Vista das Missões. Disponível em <cdn.fee.tche.br/eeg/5/71.doc. Acesso: 27 Set. 2015.

MACEDO, Diego. "**Modelagem Conceitual, Lógica e Física de dados**", Disponível em <http://www.diegomacedo.com.br/modelagemconceituallogica-efisicadedados>. Acesso: 23 mai. 2015.

MARTINELLI, Marcelo. "**Mapas da geografia e cartografia temática**". São Paulo: Contexto, 2003.

MICROSOFT, 2016**,** "**Diagramas de caso de uso UML: diretrizes**"**,** Disponível em: <https://msdn.microsoft.com/pt-br/library/dd409432.aspx>. Acesso: 12 mar. 2016.

NOBREGA, Élida, 2008. "**Gráficos Estatísticos**", Disponível em <http://pt.scribd.com/doc/5688144/Graficos-Estatisticos#scribd>. Acesso: 13 mar. 2016.

PHP, 2015. "**O que o PHP pode fazer**" Disponível em <http://php. net/manual/pt_BR/intro-whatcando.php>. Acesso: 10 jun. 2015.

POSTGREESQL, "**Postgreesql**", Disponível em <http://www.postgresql.org/>. Acesso em: 10 jun. 2015.

PORTAL COLUNISTA, "**Plataforma Android – Historia Android**". Disponível em < http://www.portaleducacao.com.br/informatica/artigos/63386/plataforma-android-historia-do-android >. Acesso: 30 Nov. 2015.

RIBEIRO, Leandro. "**O que é UML e Diagramas de Caso de Uso: Introdução Prática à UML**", Disponível em <http://www.devmedia.com.br/o-que-e-uml-e-diagramas-de-caso-de-uso-introducao-pratica-a-uml/23408>. Acesso: 30 Jul. 2015.

RODRIGO E. "**Instituto Mineiro de Agropecuária**", Disponível em <http://www.ima.mg.gov.br/>. Acesso: 23 Out. 2015.

SCHNEIDER, Sergio. (2006), "**Agricultura familiar e desenvolvimento rural endógeno: elementos teóricos e um estudo de caso**". In: Froehlich, J.M.; Vivien Diesel.

SRUM, Disponível em <http://www.desenvolvimentoagil.com.br/scrum//>. Acesso: 10 jun. 2015.

SERGIO Faria, "**Duvidas – Dados de Temperatura e Umidade**". [Mensagem Pessoal]. Mensagem recebida por <sergio.avare.cati@gmail.com. 23 Nov. 2015.

YARI J, Souza c, Bono J, "**Miniplataforma de coleta de dados agrometeorológicos utilizando tecnologias livres para agricultura de pequeno porte**", 2014, Anhanguera.

DA PREVISÃO TECNOLÓGICA AO ESTUDO DE FUTURO ORIENTADO AOS SISTEMAS DE INOVAÇÃO:
De ontem aos amanhãs

Ricardo Carvalho Rodrigues

DA PREVISÃO TECNOLÓGICA AO ESTUDO DE FUTURO ORIENTADO AOS SISTEMAS DE INOVAÇÃO: De ontem aos amanhãs

> Se queres conhecer o passado, examina o presente que é o resultado; se queres conhecer o futuro, examine o presente que é a causa.
>
> Confúcio (551 a.C.-479 a.C.)

Os Estudos de Futuro do Passado não são mais os mesmos no Presente e como estão em constante evolução, provavelmente serão diferentes no Futuro. A grande maioria dos Estudos de Futuro, do Passado e do Presente, empíricos ou baseados em ciência e tecnologia, independente da metodologia, teve e continua tendo como objetivo principal o entendimento da relação dos fenômenos que moldaram o passado e que constituem o presente para, então, poder extrair inferências de como poderá ser os possíveis "amanhãs".

Ao longo do tempo o objetivo dos Estudos de Futuro se manteve o mesmo, porém o conjunto de técnicas evoluiu de acordo com o surgimento de novas aplicações, acompanhando o curso natural da ciência, da tecnologia e, por último, da inovação. No decorrer dessa evolução, a nomenclatura dos métodos relacionados aos estudos de futuro sofreram variações conforme as escolas científicas, período histórico e nações de origem de seus desenvolvedores (POLACINSKI, 2009). Essas variações foram amplificadas no Brasil devido às traduções e adaptações terminológicas.

Essas adaptações terminológicas promoveram, por vezes, confusões conceituais induzidas por características idiomáticas, decorrentes de falsos cognatos ou de traduções literais (COELHO, 2003; AULUCINDO, 2006; SCHENATTO, 2011). Contudo, temos que ter

em mente que ao longo da história, diferentes terminologias foram utilizadas para se referir aos mesmos tipos de Estudos de Futuro. Coates (2001) deixa isso bem claro quando diz:

> "*Technological Forecasting* – sua proposta, métodos, terminologia, e usos – serão moldados no futuro, como no passado, pelas necessidades das corporações e agências de governos" (COATES, 2001).

ou seja, as terminologias são variáveis e dependentes do sistema. Nesse mesmo artigo, Coates (2001) em nota de rodapé, acrescenta:

> "Nenhuma distinção é feita entre "*Technological Forecasting*" "*Technology Forecasting*", e "*Technology Foresight*", exceto quando especificamente descrito no texto (COATES, 2001).

Embora a literatura internacional apresente nos últimos anos uma convergência em relação às definições e terminologias em torno dos estudos de futuro, no Brasil ainda persistem os equívocos terminológicos. Para facilitar a leitura e compreensão da evolução dos estudos de futuro, os termos originais foram mantidos na língua inglesa.

O FUTURO NO PASSADO, NO PRESENTE E NO FUTURO DO PRETÉRITO[1]

A visão de futuro no início do século XX era estreita e marcada principalmente pela ficção científica, baseada no desenvolvimento dos princípios científicos da extrapolação e tendência, ficando restrita a previsões populacionais e econômicas, ou seja, uma visão quantitativa e por vezes qualitativa do tempo, bem diferente do que temos hoje. É nessa época que se inicia o aumento da percepção que as mudanças na tecnologia estavam moldando o desenvolvimento. Alguns escritores registraram as implicações de tais mudanças como Herbert George Wells (H.G. Wells) em um discurso proferido para a Instituição Real do Reino Unido– intitulado: A descoberta do Futuro em 1902 – defendeu a ideia de que o futuro poderia ser conhecido ou

[1] Futuro do pretérito – usado aqui para se referir a um acontecimento futuro em relação a outro já ocorrido, fato que poderá ou não ocorrer, algo incerto fazendo hipóteses ou suposições.

compreendido cientificamente. Foi nesse discurso que pela primeira vez o termo *Foresight* foi usado com a ideia de Estudo de Futuro.

Após a Primeira Guerra Mundial, e sob os impactos da grande depressão econômica de 1929, uma nova ordem mundial começava a olhar a ciência e tecnologia (C&T) como uma saída para a crise. Com isso, muitas nações optaram por eleger e/ou apoiar regimes totalitários em seus países como forma de combater a crise que assolava suas nações. O surgimento de regimes totalitários, de esquerda e de direita, passou a inspirar em muita gente temores e preocupações quanto ao futuro. E nesse cenário, em 1932, influenciado pelo contexto social da época, que é vinculado mais uma vez o termo *Foresight* em uma transmissão da BBC, por H.G.Wells que dizia:

> "...though we have thousands and thousands of professors and hundreds of thousands of students of history working upon the records of the past, there is not a single person anywhere who makes a whole-time job of estimating the future consequences of new inventions and new devices. There is not a single Professor of Foresight in the World"(MILES, 2008).

H.G. Wells publicou diversas obras, entre elas a "***The shape of things to come – 1933",*** onde especulava sobre eventos futuros até o ano de 2106. Nessa obra ele prevê uma série de inovações até então impossíveis de se realizar, devido às limitações tecnológicas. Entre as previsões estão a televisão ultrafina, o helicóptero, a projeção holográfica, o celular de pulso, etc, marcando um olhar para o Futuro, romântico e ficcional. É também durante esse período que os cientistas sociais fundem a pesquisa científica com o *Forecasting sendo* William F. Ogburn um dos pioneiros a realizar pesquisas em indicadores sociais e nas áreas de predição e tendências tecnológicas.

A década de 30 também foi marcada pelo desenvolvimento da *Teoria dos Jogos*, pelo matemático Ernst Zermelo. Mas foi somente em 1944 que John von Neumann, que trabalhava em muitas áreas da ciência, mostrou interesse em economia e, junto com o economista Oscar Morgenstern, publicou o clássico "*The Theory of Games and Economic Behaviour*". Com isso, a teoria dos jogos invade a economia e a

matemática aplicada, ganhando notoriedade décadas depois com a sua aplicação nos Estudos de Futuro.

A década de 40, marcada pela Segunda Guerra Mundial, resultou em um mundo com maior complexidade, ditado por apreensão e perplexidade em um contexto beligerante nunca antes visto, culminando no lançamento das primeiras bombas atômicas e no término do conflito em 1945. Se por um lado o conflito terminava, por outro iniciava uma fase de crescente preocupação com o resultado dos possíveis desdobramentos oriundo dos avanços tecnológicos obtidos durante a guerra. Essa preocupação com o futuro ficou marcada pela afirmação de grandes cientistas (Marcial, 2006):

> "a liberação da energia nuclear transformou tudo, menos nosso modo de pensar, o que nos encaminhará, caso não o modifiquemos, a uma catástrofe sem precedentes" (Albert Einstein)
>
> "o mundo caminha, sem perceber e a uma velocidade infernal, para uma catástrofe" (George Picht)

A partir desse momento, o mundo começa a refletir sobre o seu futuro de forma mais participativa e os planejamentos governamentais de médio e longo prazo passam a ser elaborados por meio de técnicas baseada em modelos matemáticos, em substituição aos métodos especulativos.

Em 1943, em plena II Guerra Mundial, surge na Alemanha a expressão "Futurologia", cunhada pelo Professor Ossip Flechthei, para se referir à avaliação crítica e ao tratamento sistemático dos problemas relacionados aos estudos sobre o futuro.

Dois anos após o término da II Guerra Mundial, a Força Aérea dos Estados Unidos contratou uma equipe multidisciplinar para elaborar um estudo e formular os objetivos e direções que deveriam ser adotados com relação ao futuro, em horizonte temporal de 20 anos. Esse estudo foi o primeiro e precursor do maior centro de estudos prospectivos do mundo – a *Research and Development Corporation* (RAND) -, criada em 1948 (Marcial, 2006).

Enquanto isso, na Europa, as preocupações estavam voltadas à reconstrução econômica da região resultando, em 1948, na criação da Organização Europeia para a Cooperação Econômica – OECE, liderada por Robert Marjolin da França, para ajudar a gerir o Plano Marshall e reconstruir a Europa. Nesse momento começava a florescer o ramo econômico do *Foresight* na Europa.

ESTUDOS DE FUTURO ORIENTADOS À CIÊNCIA

Dois fatores conjunturais foram os principais motivadores do surgimento de novas metodologias que viabilizassem o aperfeiçoamento do planejamento estratégico: a Guerra Fria e a reconstrução da Europa. Os problemas militares relacionados à Guerra Fria deram origem ao ramo militar dos Estudos de Futuro nos Estados Unidos.

Em 1957, na França, o filósofo e pedagogo Gaston Berger cria o "*Centre National de Prospective*" e no mesmo ano publica a obra "A atitude prospectiva". Gaston Berger foi o primeiro a empregar o termo "Prospectiva" para referir-se aos estudos orientados ao futuro. O grupo liderado por Berger defendia que o futuro não é simplesmente o que vem do passado, mas que é, essencialmente, o que é diferente do presente, porque as consequências de nossas ações terão um impacto mundial muito diferentes do que quando foram iniciadas (Moura PC 1999). Além de tentar substituir o emprego da palavra "Previsão", muito ligada a profecia à época, outro objetivo e talvez o principal, era diferenciar "Previsão" (construir um único futuro à imagem do passado) e "Prospectiva" (em que o futuro é diferente e não é único).

No entanto, é durante os anos 60 que as condições para o estabelecimento das bases conceituais e metodológicas se desenvolvem dando início a um novo ramo de pesquisa que evolui para o que chamamos atualmente de Estudos de Futuro ou apenas *Foresight*.

Em 1961, a Convenção sobre a Organização Europeia para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico reformou a OECE e deu lugar à Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico OCDE, a qual, anos mais tarde consolidava seu papel estratégico

na disseminação dos estudos de futuro publicando já em 1966 uma série de relatórios sobre estudos de futuro realizado em 13 países.

Outros fatos e atores também ganharam lugar de destaque nessa década como o método Delphi[2] desenvolvido em 1964 por Olaf Helmes. Em 1966 foi desenvolvida a Análise de Impactos Cruzados (*Cross Impact Analysis*), nome dado ao conjunto de técnicas de avaliação probabilística da ocorrência de eventos onde são avaliados os vários futuros possíveis de maneira a reduzir as incertezas.

ESTUDOS DE FUTURO ORIENTADOS À TECNOLOGIA

A partir de 1966 começam a surgir diversas associações voltadas aos estudos de futuro como a *"World Future Society – WFS"* (fundada em 1966 em Washington, EUA) e a *"World Federation of Future Studies – WFFS"* (fundada em 1967 e recriada em Paris anos depois como *World Future Studies Federation* – WFSF).

Ao nível da academia e da indústria destaca-se em particular o trabalho de Erich Jantash ("*Technological Forecasting in Perspective: a framework for technological forecasting, it's techniques and organisation*", publicado em 1967), patrocinado e divulgado pela OCDE. Essa obra é frequentemente referenciada como berço do nascimento e desenvolvimento do *Technological Foresight*. Ainda em 1967 é criado o primeiro curso universitário orientado ao futuro, desenvolvido nos Estados Unidos por Alvin Toffler[3] e lançado o livro intitulado "O ano 2000", onde o estrategista militar Herman Kahn[4] emprega, pela

[2] O método Delphi: consiste em interrogar individualmente por meio de sucessivos questionários, vários especialistas. Depois de cada consulta, as questões são analisadas e apresentadas outra vez, para que os peritos tenham a oportunidade de rever suas opiniões. A finalidade é chegar a um consenso em que as respostas se aproximem do valor da mediana, obtendo, no final do processo, uma convergência.

[3] Alvin Tofler – Alvin Toffler é um escritor e futurista norte-americano doutorado em Letras, Leis e Ciência, conhecido pelos seus escritos sobre a revolução digital, a revolução das comunicações e a singularidade tecnológica.

[4] Herman Kahn – foi um estrategista militar e teórico da *Research and Development Corporation* (RAND) que ficou conhecido por suas análises sobre as prováveis consequências de uma guerra nuclear.

primeira vez, a palavra "cenários". Esse livro apresenta uma prospectiva geográfica – imagens possíveis de nações futuras – por meio de uma análise tendencial dos recursos naturais e da demografia (MARCIAL, 2006). No ano seguinte, um pequeno grupo de profissionais de todo o mundo das áreas da diplomacia, indústria, academia e sociedade civil reuniu-se em Roma para discutir as preocupações com o futuro do consumo dos recursos naturais e crescimento econômico, fundando o "Clube de Roma"[5]. Durante esse mesmo ano, 1968, surge a associação francesa *Futuribles*[6] criada por Bertrand De Jouvenel[7] e o "Comitê para os próximos 30 anos", na Inglaterra. Este foi também o momento em que os primeiros "cenários" foram testados por Herman Kahn e Wiener (JOHNSTON, 2008).

Embora, inicialmente, o interesse em estudos de futuro fosse do setor governamental, logo atraiu o interesse da comunidade empresarial. Colocando-se na vanguarda, a empresa Royal Dutch Shell realiza, em 1969, seu primeiro estudo prospectivo identificando um cenário futuro relacionado a uma possível crise do petróleo, o que levou a empresa a explorar petróleo nas águas do mar do norte, antes das demais concorrentes, chegando ao segundo lugar no ranking da sua indústria (SCHENATTO *et. al.*, 2011). Neste período empresas dos EUA e Japão são incluídas nas atividades nacionais de *Forecast*.

Ao final da década de 60, foram editadas algumas das obras mais marcantes dos estudos de futuro, destacando-se em particular os trabalhos de James Bright ("*Technological Forecasting for Industry and Government: methods and applications*", 1968) e Robert Ayres ("*Technological Forecasting and Long Range Planning*", New York: McGraw-Hill, 1969). (Macieira 2012)

---

[5] Clube de Roma – O Clube de Roma é um grupo de pessoas ilustres que se reúnem para debater um vasto conjunto de assuntos relacionados à política, economia internacional e, sobretudo, ao meio ambiente e o desenvolvimento sustentável. Foi fundado em 1966 pelo industrial italiano Aurelio Peccei e pelo cientista escocês Alexander King.

[6] *Futuribles* é um neologismo criado por Bertrand de Jouvenel. *Futuribles é* a união das palavras *futurs* (futuros) e de *possibles* (possíveis), ou seja, a tradução para o português seria "Futuros possíveis".

[7] Bertrand de Jouvenel foi um escritor e jornalista francês, igualmente jurista, cientista político e economista.

Já na década seguinte, em 1971, seguindo os passos da Shell outra grande organização, a General Eletric – GE, projeta quatro cenários alternativos para as condições sociopolíticas e econômicas dos EUA em 1980 (Johstohn 2008).

Mesmo que tenha sofrido diversas críticas e revelado falhas em suas previsões o estudo "*Limits to Growth*" (Limites ao crescimento), publicado em 1972 e amplamente divulgado pelo Clube de Roma, é considerado um dos trabalhos de mais alto impacto sobre o futuro que já se publicou. Um dos pontos de maior crítica foi não considerar como a ciência e tecnologia poderiam melhorar as condições de vida dos países em desenvolvimento. Ao longo da década de 70, o mundo começa a notar os limites da previsão global devido às falhas, especialmente aquela ocorrida no estudo Limites ao Crescimento (1972) e a crise do petróleo iniciada em 1973 (IAN MILES 2008). Eventos imprevisíveis como a crise do petróleo, levam a um entendimento mais amplo de que os sistemas globais são incertos, dinâmicos e complexos. A previsão torna-se menos linear e determinista passando a aceitar que o futuro não seja uma mera extensão do passado e que descontinuidades ocorrem.

ESTUDOS DE FUTURO ORIENTADOS À INOVAÇÃO

No Japão o início das previsões de oportunidades tecnológicas portadoras de futuro para uso na orientação de prioridades e direcionamento de pesquisa do governo e indústria. As previsões foram feitas por meio da adaptação de métodos desenvolvidos pelos norte-americanos como a metodologia Delphi.

Em 1972, com a criação do *Office of Technology Assessment* (Escritório de Avaliação de Tecnologia) – OTA nos Estados Unidos acontece a primeira tentativa de institucionalizar uma atividade olhando para o futuro, por meio da análise dos impactos prováveis da tecnologia. Ao longo de toda a década de 70 os estudos foram pautados principalmente pelos objetivos sociopolíticos, com uso de cenários, onde os resultados forneciam diretrizes e fundamentos para a análise de

situações alternativas e distintas escolhas (CAGNIN 2014). Nesses estudos, o OTA constatou que a tecnologia muda e se expande de forma rápida e contínua. Ainda, que suas aplicações sejam amplas e em escalas crescentes, cada vez mais são generalizadas e críticas em seus impactos, benefícios e problemas em relação ao ambiente social e à natureza. Assim, passou a ser essencial que as consequências das aplicações tecnológicas fossem antecipadas, compreendidas e consideradas na determinação das políticas públicas em problemas existentes e emergentes (BLAIR, 1994 *apud* POLACINSKI, 2009). Uma das primeiras tentativas de institucionalizar uma atividade olhando para o futuro, por meio da avaliação dos impactos prováveis da tecnologia, foi a criação do Escritório de Avaliação de Tecnologia (em Inglês, OTA), nos EUA (funcionou de 1972 até 1995).

A OCDE também desempenhou papel importante na consolidação e disseminação de informações sobre *Technology Assessment.* Como observado por Hetman (1973), devido ao forte impacto da tecnologia na organização e seu ambiente, é necessário analisar os sistemas sócio-técnicos, medir o impacto social da tecnologia, avaliar tecnologias alternativas e estudar o futuro tecnológico (Hetman F. 1973).

Em 1978, na Europa, é desenvolvido o Programa *Forecasting and Assessment in the field of Science and Technology* (FAST), com objetivo de analisar as mudanças científicas e tecnológicas ressaltando os impactos e consequências para as iniciativas de pesquisa e desenvolvimento da União Europeia a longo prazo.

Ainda na década de 70, os projetos foram orientados principalmente para objetivos sociopolíticos e para o uso de métodos que fornecessem diretrizes e fundamentos para a análise de situações alternativas e distintas escolhas, tal como cenário. A GE e a Shell começaram a usar cenários para apoiar suas decisões estratégicas e, em 1976, a Shell anteviu o ano 2000, identificando descontinuidades na sua indústria.

O crescimento da aplicação dos estudos de futuro no setor empresarial foi aparentemente muito forte durante os anos 70 e início dos 80. O resultado de uma pesquisa norte-americana, realizada em

1981, mostra que houve um aumento significativo no uso desses estudos após a crise do petróleo. Segundo a pesquisa, quase metade das empresas norte-americanas encontradas na lista *Fortune 1000* usavam técnicas de *Foresight* em seus processos de planejamento. As empresas eram em sua maioria de grande porte, intensivas em capital e com planejamentos em horizontes temporais de mais de 10 anos, como as indústrias químicas, petróleo e aeroespacial.

Na Europa um padrão semelhante de crescimento na adoção de estudos de futuro é percebido entre 1973 e 1978, principalmente pelas empresas intensivas em capital e com planejamentos de longo prazo, como petróleo, veículos automotores e de suprimento de energia (JOHNSTON 2008).

O início da década de 1980 é marcado pelo descontentamento com a falha da previsão econômica em antecipar os tempos difíceis que a economia mundial estava enfrentando, e parte dessa insatisfação é transferida aos estudos de futuro resultando no desinteresse político nos trabalhos desse tipo.

Segundo Mendes (2010), é nesse momento que a luta pela sobrevivência empreendida pelas organizações fica mais explícita. Observa-se grandes mudanças na economia como a abertura de mercados, o fluxo intenso de informações, o encurtamento do ciclo de vida dos produtos, a necessidade de inovações e de soluções estratégicas negociais. A dinâmica naquele contexto exigia das organizações uma capacidade de adaptação à nova ordem de mudanças. Velozes e contínuas, elas impactavam a gestão dos negócios e imprimiam uma necessidade de ampliar os limites de atuação da administração, que extrapola para além dos muros da empresa. Neste contexto, Michael Porter publica em 1980 o livro *Competitive Estrategy,* em que apresenta os métodos de análise da concorrência e da indústria (MENDES, 2010).

Os estudos voltados a políticas de C&T (posteriormente conhecidos como Inovação) –, se intensificaram. Centros de pesquisa em Inovação se espalharam pela Europa – devido à crescente preocupação dos países Europeus de que estavam ficando atrasados, não só em relação

aos EUA, mas também com os recentes avanços do Japão e Coréia, em termos de desenvolvimento e uso de tecnologias. A importância do papel estratégico das novas tecnologias, e aceitação que a inovação foi fundamental para a competitividade de diversos países, fez dos estudos de inovação um dos campos das ciências sociais com o mais rápido crescimento. Diversos debates políticos sobre a melhor forma de incentivar a inovação marcaram essa época e a questão recorrente era como o financiamento e a organização da pesquisa seria mais bem adaptada para apoiar a inovação. A economia passava por tempos turbulentos e novas formas de determinar as prioridades de pesquisa em C&T eram necessárias – é nesse momento que a *Technology Foresight* surge entre as soluções (outras abordagens incluíam a avaliação da pesquisa C&T e análise de tecnologias críticas; todas estas abordagens tinham como base a análise da inovação como um processo sistêmico).

Na América Latina, em 1982, uma tentativa chamada "Prospectiva Tecnológica para América Latina" procurou identificar as principais tendências de mudanças tecnológicas que poderiam se tornar generalizadas nas próximas décadas e seus impactos sociais, ambientais e culturais para a América Latina (CAGNIN, 2014).

Segundo Miles (2008), um passo importante na configuração do atual campo de estudos prospectivos veio do grupo de pesquisa em ciência política da Universidade de Sussex – Reino Unido, onde dois pesquisadores realizaram estudos sobre a aplicação dos métodos de futuro à formulação de políticas de C&T ao redor do mundo – e aplicaram o termo *Foresight* a essas atividades. Segundo Ben Martin, Irvine e Martin introduziram o *Foresight* como um contraponto às análises retrospectivas das fontes de desenvolvimento tecnológico (Irvine e Martin, 1984). Outros grupos foram aderindo a linhas semelhantes de pesquisa na área de inovação e tomadas de decisão estratégica para política tecnológica.

O problema de priorização de pesquisa científica e tecnológica foi o ponto de partida para Irvine e Martin avaliarem as atividades de prospecção ao redor do mundo: *Foresight in Science* em 1984, e depois em *Research Foresight* (Martin e Irvine, 1989) O *Technology Foresight* foi

visto como necessário para subsidiar as políticas de pesquisa em C&T, mas também como um meio de intervir em um sistema marcado pela "complexidade e interdependência". Irvine e Martin ficaram particularmente impressionados com o sistema japonês, onde o processo de *Foresight* foi incorporado ao meio acadêmico, industrial, político e empresarial. Os tomadores de decisão japoneses tinham adotado os estudos de *Foresight* (mais notavelmente, os questionários Delphi) e incorporado em seus próprios contextos culturais e institucionais. As ferramentas de previsão japonesas foram projetadas, configuradas e utilizadas dentro de um ambiente institucional específico, permitindo que as perspectivas de longo prazo criadas fossem efetivamente ligadas à ação coordenada.

Enquanto na Alemanha e na França houve tentativas de aplicar a metodologia Delphi japonesa com pequenas modificações, no Reino Unido uma combinação de ferramentas técnicas recém-concebidas e redes sociais foram geradas. O modelo específico do primeiro programa de *Foresight* do Reino Unido é oriundo dessas considerações. O programa foi explicitamente construído sobre o reconhecimento de que as ferramentas que tinham sido eficazes no Japão não poderiam simplesmente ser transplantadas sem modificação para o Reino Unido. O programa de *Foresight* precisaria levar em consideração as frágeis ligações do sistema de inovação do Reino Unido, especialmente entre a base de pesquisa científica e a indústria. Então uma extensa rede de ligação entre as partes do sistema foi criada, via trabalho em painéis e outros encontros.

O programa do Reino Unido revelou-se extremamente influente, uma vez que representava um exercício que envolvia o estabelecimento de prioridades e o funcionamento em rede além de adaptar os métodos de *Technology Foresight* ao sistema de inovação.

Muitos centros de pesquisa em políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), tipicamente em universidades ou fundações, desempenharam papel importante na primeira geração de programas de *Foresight* em toda a Europa (seguiram o modelo japonês, embora geralmente com mais distância do governo do que agência japonesa).

Em 1985, Michael Godet desenvolve a escola *La Prospective*. A institucionalização de estudos de futuro ganha a atenção de governos nacionais como uma atividade associada com a identificação de prioridades de longo prazo e o desenvolvimento de políticas de C&T. As atividades desenvolvidas na França (Colóquio Nacional de Pesquisa e Tecnologia) e na Holanda (Ministério da Educação e Ciência) são bons exemplos. A União Europeia (UE) lança os Programas FAST[8] 2 e 3.

Novamente, na década de 1990 os programas de *Technology Foresight* na Europa se depararam com questões sociais inesperadas: esses problemas foram causados devido à ausência do envolvimento sistemático do conhecimento das ciências sociais atividades mais recentes tendem a reconhecer este requisito. O foco sobre o elemento participativo estende o escopo das partes interessadas de uma concepção restrita a usuários e fornecedores no sistema de inovação, para uma comunidade social muito mais ampla. Isto marca uma diferença entre *Technology Foresight* na Europa (e outros locais) e *Forecasting* e "Análise de Tecnologias Críticas" *Critical Technology Analysis* nos EUA.

Sem dúvidas a década de 90 marca o fortalecimento dos estudos de *Foresigh*. Segundo Johnston (2002), muitos países membros da OCDE, quase todos os países Europeus e muitos países Asiáticos e Sul-americanos já tinham conduzido estudos de *Foresight* (JOHNSTON, 2002). Programas de grande escala ocorreram na Alemanha, França e no Reino Unido, o que inspirou outros países da UE e da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômica (OCDE), bem como da América Latina e da Ásia (notadamente Japão, Coréia, China e Índia) a iniciarem seus próprios programas nacionais. C&T foi o foco central dessas atividades, que visaram a identificar áreas estratégicas de pesquisa e tecnologias emergentes que poderiam alavancar benefícios econômicos (competitividade) e sociais (visões, redes, educação e cultura). Grupos e instituições internacionais são criados, tais

[8] FAST – *Forecasting and Assessment in the field of Science and Technology* – programa criado em 1978, na Europa, com objetivo de analisar as mudanças científicas e tecnológicas ressaltando os impactos e consequências para as iniciativas de pesquisa e desenvolvimento da União Europeia no longo prazo. O Programa foi dividido em três fases FAST 1, 2 e 3.

como o Grupo de Cenários Globais, o Projeto do Milênio e o Centro de Pesquisa Conjunto – Instituto de Estudos Prospectivos e Tecnológicos da Comissão Europeia (JRC-IPTS).

Durante este período, houve um crescente afastamento dos estudos prospectivos orientados à metodologia, no sentido do reconhecimento da variedade de ferramentas disponíveis para realizar estudos de *Foresight*, cada um apropriado para fins diversos e com diferentes pontos fortes e limitações. A maioria destes estudos foi realizada em nível nacional. Isso reflete um estágio de desenvolvimento da aplicação do *Foresight* com objetivos políticos e definição de prioridades.

Em geral, esses estudos têm sido formulados e executados por organizações com responsabilidade em nível nacional no que diz respeito a questões de ciência e tecnologia. Estudos de futuro tornaram-se amplamente organizados por governos, grupos consultivos, orientadores de pesquisa, academias nacionais de ciências e diversos departamentos governamentais em todo o mundo, bem como por associações industriais e empresas.

Uma detalhada categorização de estudos nacionais de *Foresight* foi feita em relação aos objetivos pretendidos, os quais foram identificados como a competitividade nacional, construção de visão, a identificação de tecnologias-chave ou emergentes, criação de redes, divulgação de informação e educação e desenvolvimento de uma cultura voltada para o futuro. Concluiu-se que "nos países onde os sucessivos projetos foram realizados, pôde-se observar como a evolução dos métodos empregados teve como objetivo aumentar o impacto e a eficácia do *Foresight* (Gavigan e Scapolo 1999).

Uma forma particular de *Technology Forecasting* passou sob o rótulo de "Tecnologias Críticas" (*Critical Technologies*), e foi baseada na suposição de que certas tecnologias foram fundamentais para o desempenho econômico futuro e puderam ser identificadas. Nos EUA, os estudos foram motivados, em grande parte, pelo medo do declínio econômico, haja visto, devido à superioridade de desenvolvimento de novas tecnologias em outros países, principalmente no Japão.

Um grande promotor dos estudos de *Foresight* e das "Análises de tecnologias orientadas para o futuro", tem sido o Instituto de Estudos de Prospectiva Tecnológica (IPTS) do Centro da Comissão Europeia Comum de Investigação (CCI, agora Direção-Geral CCI da Comissão Europeia), localizado em Sevilha (Espanha).

Segundo Cuhl (2008), foi durante os anos 1990 que os governos nacionais se tornaram mais ativos na área de *Foresight*. Grandes empresas como Philips, Lucent Technologies, Siemens, DaimlerChrysler e Shell também já tinham desenvolvido atividades relacionadas ao futuro e, a partir delas, extraíam informações para compor seus planejamentos estratégicos. Ainda que não houvesse consenso em relação à terminologia dessas atividades, e diferentes metodologias tivessem sido usadas, todas as informações obtidas eram absorvidas pelo planejamento estratégico. Os métodos mais usados eram análise de patentes, análise da literatura, cenários, pesquisa (muitas vezes na forma de Delphi) e mapas tecnológicos (*Technology Roadmapping*). Os métodos mais populares no ambiente empresarial foram cenários e os mapas tecnológicos (CUHLS, 2008).

O ESTUDO DE FUTURO NO BRASIL

No Brasil, os trabalhos teóricos e metodológicos começam em 1979 quando é estabelecido, na Universidade Estadual de Campinas – Unicamp, o primeiro grupo formal de pesquisa em políticas de C&T de longo-prazo. No mesmo ano, Henrique Ratter, professor na Fundação Getúlio Vargas – FGV-SP publica o livro "Estudos do Futuro: Introdução a Antecipação Tecnológica e Social".

Já na década de 80, em 1983, a Universidade de São Paulo (USP), usando os métodos de análise morfológica e Delphi, desenvolve para a PETROBRAS o Programa de Prospecção em Tecnologia para Petróleo em Águas Profundas. Em 1984, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES incorpora em seu processo de planejamento estratégico a técnica de cenários.

A segunda metade da década é marcada com o início do primeiro curso formal em estudos de futuro entregue às agências e aos órgãos

governamentais em 1985 e a partir deste ano ocorre a intensificação do uso de cenários por instituições governamentais que operam em setores de longo prazo como a PETROBRAS em conjunto com o BNDES em 1986, o Centro de Pesquisas e Desenvolvimento da PETROBRAS (CENPES) em 1987 e a ELETROBRAS/ELETRONORTE em 1987. Contudo, somente em 1988 com o primeiro Seminário Internacional em estudos futuros, avaliação e participação social organizado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), é que o processo de difusão e promoção dos estudos de futuro se inicia no país.

No final da década, em 1989, a PETROBRAS já empregava cenários para fazer suas análises de mercado e demanda associada de energia e combustível incorporando, a partir de então, os cenários como parte intrínseca do seu planejamento estratégico. O uso de cenários ao longo da década de 80 teve muita influência tanto em negócios quanto nos ambientes acadêmico e político.

O ESTUDO DE FUTURO NO BRASIL DURANTE A DÉCADA DE 1990

O desenvolvimento, difusão e aplicação dos estudos de futuro são intensificados no país a partir da década de 90. Esse processo inicia-se com a encomenda de uma prospecção tecnológica setorial pela EMBRAPA, empresa pública do setor agrícola. Esse estudo analisou e estruturou quatro cenários alternativos, os quais formaram a base para a formulação estratégica que orientaria suas unidades descentralizadas. Em 1996, o estudo prospectivo experimental realizado pela extinta Secretária de Assuntos Estratégicos (SAE), da Presidência da República, construiu cenários futuros para o Brasil até o ano 2020, com um corte intermediário em 2005. Neste mesmo ano Raul Grumback, unindo diversas técnicas prospectivas incluindo simulações matemáticas e cenários desenvolve uma das primeiras metodologias de estudo de futuro no Brasil.

Em 1997 é proposto um estudo inspirado no Projeto Francês de Tecnologias-chave, visando a identificar tópicos tecnológicos prioritários

de C&T em temas setoriais; em 1998, o projeto Brasil 2020, iniciado na SAE, foi destinado a promover uma reflexão sobre qual país o Brasil gostaria de ser e o que seria necessário para transformar essa visão em realidade (SARDENBERG, 2001). Workshops e entrevistas geraram insumos para a construção de cenários e uma ampla consulta de diversos atores sociais tentou compreender as aspirações da sociedade. Equidade, justiça e qualidade de vida foram os aspectos centrais das esperanças e ambições da sociedade; todos válidos ainda hoje.

Como ressalta Marcial (2011) a disponibilidade instantânea da informação, impulsionada, principalmente, pelo avanço das Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC), gerou ambientes de hipercompetição, hiperinformação e de grande incerteza para as organizações. Paralelamente, a competitividade implica busca frequente de inovações por parte das organizações, aumentando a velocidade das mudanças, e consequentemente, o fluxo e o volume de informações.

É nesse contexto que a Inteligência de Estado, típica dos estudos de *Foresight*, começa a ganhar espaço no ambiente dos negócios por meio da Inteligência Competitiva. Essa correlação fica mais clara quando Marcial (2011) citando Shaker e Gembicki (1999, p. 4) afirma que para esses autores, Inteligência competitiva é a atividade de Inteligência[9] especificamente adaptada para o mundo dos negócios (MARCIAL, 2011).

As semelhanças entre o *Foresight* (Nível governamental) e Inteligência competitiva ficam ainda mais evidentes quando Shaker e Gembicki (1999) destacam que a Inteligência Competitiva é uma atividade: (1) Analítica; (2) Voltada para o futuro; (3) Sistemática e pertence ao processo de negócios; e (4) Ética e legal da reunião de dados (SHAKER E GEMBICKI, 1999).

[9] Inteligência: sentido de Inteligência de Estado àquela utilizada para fins governamentais algo similar aos estudos de *Foresight*.

Embora existam muitas semelhanças nos objetivos, estrutura e nas atividades o foco e abrangência são muito distintos. Diversos métodos de análise de informações utilizados pela IC foram desenvolvidos originalmente para aplicação aos estudos de *Foresight*.

No Brasil, a IC teve início durante a década de 1990, tendo como marco inicial o Curso de Especialização em Inteligência Competitiva (CEIC), iniciado em 1997, com o primeiro evento de discussão da IC, promovido pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e INT em 1999 – O Workshop de Inteligência Competitiva e Gestão do Conhecimento.

O ESTUDO DE FUTURO NO BRASIL NO SÉCULO XXI

Em 2000, dois programas nacionais iniciaram no país: o Programa ProspeCTar – Desenvolvimento de Atividades de Prospecção em Ciência e Tecnologia, do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), e o Programa Brasileiro de Prospectiva Tecnológica e Industrial, do Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), com o apoio das Organizações das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO).

O programa ProspeCTar foi o primeiro grande estudo de prospecção tecnológica nacional e tinha como objetivo servir de fonte de conhecimento, debate e reflexão sobre a capacidade tecnológica do país, inserindo-se nas atividades de planejamento na política governamental e do setor privado (OLIVEIRA, 2009). A metodologia adotada foi um exercício de âmbito nacional, com foco em oito temas: aeronáutica, agropecuária, energia, espaço, materiais, recursos hídricos, saúde, telecomunicações, tecnologia da informação. Conduzido em três rodadas Delphi consecutivas, visou avaliar e buscar consenso sobre as tecnologias importantes e necessárias ao País, em um futuro próximo e no horizonte de 20 anos.

O Programa Brasileiro de Prospectiva Tecnológica e Industrial (MDIC/UNIDO) teve como objetivos: elaborar estudos de prospectiva para cadeias produtivas selecionadas, implantar e ajudar a

consolidar nessas cadeias produtivas a cultura de prospecção tecnológica e disponibilizar informações para subsidiar a formulação de políticas públicas e privadas de desenvolvimento tecnológico.

Importante estudo a ser citado é o Projeto Tendências, coordenado pela Agência Nacional de Petróleo (ANP), sediado no Instituto Nacional de Tecnologia (INT) para o CTPETRO (Plano Nacional de Ciência e Tecnologia do Setor de Petróleo e Gás Natural), que surgiu propondo um novo modelo de financiamento de C&T no país (ALENCAR, 2008). Esse projeto, apoiado pelo Fundo Setorial de Petróleo e Gás, buscou uma ampla compreensão das tendências futuras para o setor de óleo e gás para os próximos 10 anos. A metodologia adotou técnicas como cenários, diagnósticos, pesquisa documental, mineração de texto, painéis de especialistas, *webdelphi*, entre outras (CAGNIN, 2014). Com objetivo de institucionalizar os estudos de futuro e de avaliação estratégica em nível nacional, em 2001 é criado o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), o qual vem conduzindo estudos prospectivos em diversos setores, em geral contando com a participação de grupos de consultores externos oriundo de universidades.

A PROSPECTIVA ATUAL E SUAS GERAÇÕES

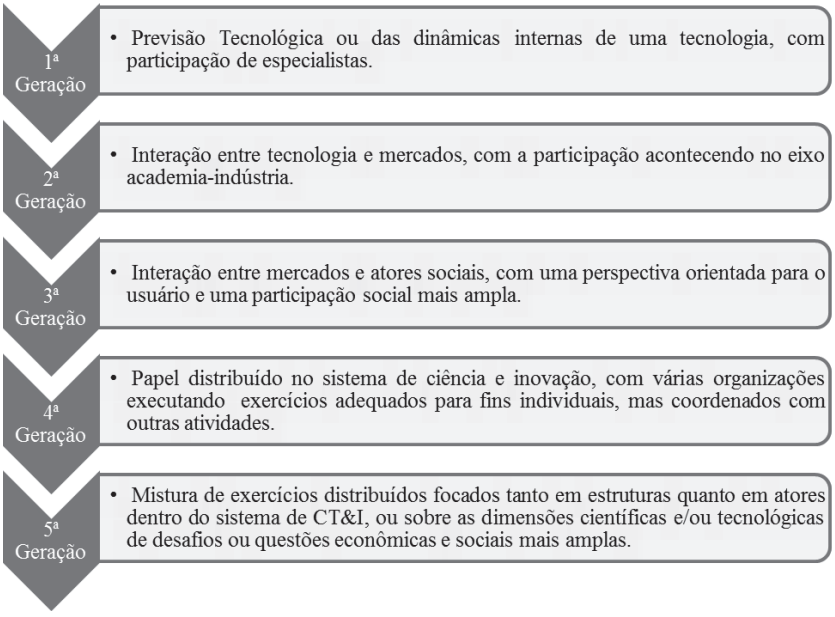
Assistimos no início do século XXI um enorme aumento da complexidade das sociedades em todo o mundo. Para acompanhar essas mudanças o escopo e o foco dos estudos de futuro são ampliados de forma a abranger uma diversidade de temas. Exercícios prospectivos mudam de uma ênfase no escopo e na cobertura para prestar mais atenção no processo. Métodos começam a ser usados com mais critério e de acordo com o contexto.

As atividades prospectivas se adaptam a um mundo com maior complexidade, interconectividade e interdependência (MARCIAL, 2006). Estas atividades tentam responder a grandes desafios e às necessidades de sustentabilidade das políticas públicas, de uma forma adaptável. A compreensão de sistemas complexos e de possíveis comportamentos fu-

turos de atores sociais torna-se o ponto de partida e o foco passam a ser em desafios, em vez de silos de tomada de decisão (CAGNIN, 2014).

As diversas fases do desenvolvimento dos programas nacionais de *Foresight* vêm sendo motivo de estudo por diversos autores (GEORGHIOU, 2001, JOHNSTON, 2002 E 2007, CUHLS, 2003, MILES et. al., 2008 E CAGNIN, 2014). Segundo CAGNIN (2014), as distintas abordagens de estudos de futuro não são mutuamente excludentes, ou seja, alguns programas de *Foresight* podem mesclar abordagens encontradas em mais de uma geração. A evolução das gerações dos Estudos de Futuro é representada na Figura abaixo.

Figura 1 – Gerações das abordagens encontradas nos Programas de *Foresight*



Fonte: adaptado de (CAGNIN, 2014)

Os programas nacionais de *Foresight* sofreram grandes mudanças ao longo dos anos, tanto na aplicação prática quanto na conceitual e

metodológica. A evolução de tais programas vem sendo pesquisada por diversos autores (JOHNSTON, 2002; GEORGHIOU, 2007 e MILES *et. al*., 2008; e ANDERSEN, 2012). Embora o campo prático dos estudos de *Foresight* esteja bem estabelecido na literatura e ganhando espaço no cenário acadêmico, falta ainda uma conexão entre a teoria e a aplicação prática desse tipo de estudo. A crescente diversidade de lógicas, paradigmas, projetos, metodologias e abordagens contidas dentro do termo *Foresight* tornam o tema um campo de estudo complexo resultando em novas discussões sobre as possíveis "bases teóricas" como as encontradas nos trabalhos de Andersen e Andersen (2012 e 2016) onde sugerem que tais bases teóricas possam ser encontradas na estrutura do Sistema de Inovação. Neste sentido, Andersen e Andersen (2012) propõem uma abordagem inédita em relação a esse tipo de estudo. A principal contribuição dos autores foi a tentativa de tornar explícita a relação existente entre os fundamentos teóricos do *Foresight* e os estudos de Inovação, uma vez que as duas áreas coexistem desde sua criação na década de 80 (Miles 1983,1984), ou seja, os fundamentos teóricos já existiam.

O conceito de *Innovation System Foresight* (ISF) proposto por Andersen e Andersen (2012) é o resultado do encontro da abordagem dos sistemas de Inovação com o *Foresight*. Segundo os autores, ISF é definido como uma coleta sistemática e participativa de informações de futuro e um processo de construção de visão de médio-a-longo prazo, que visa decisões atuais e mobiliza ações conjuntas para fins de melhoria de desempenho do sistema de inovação. De acordo com Andersen e Andersen (2014), quatro pontos principais diferenciam o ISF dos Estudos de Futuro tradicionais. O primeiro ponto é que o ISF estabelece como objetivo principal o fortalecimento e transformação do Sistema de Inovação. A segunda diferença é o estabelecimento das fronteiras do sistema onde são incluídos os elementos e relações que interagem na produção, difusão e uso de novos conhecimentos economicamente úteis. O terceiro ponto se dá em relação à inclusão. O ISF inclui um conjunto muito mais amplo de partes interessadas no processo quando comparada com os Estudos

de Futuro tradicionais e onde a participação é reduzida a grupos de especialistas. Além disso, não assumem apenas que as novas tecnologias são promissoras, mas inclui uma discussão sobre oportunidades, custos, benefícios e direcionamentos para a Inovação. A quarta diferença está relacionada ao método usado para análise das informações que dão suporte às atividades do *Foresight,* sendo realizada no ISF por meio de uma estrutura analítica orientada à Inovação. Os trabalhos desenvolvidos por Andersen e Andersen (2012, 2014 e 2016) refletem bem o conceito da 5ª geração dos Estudos de Futuro uma vez que o *Innovation System Foresight* inclui as dimensões interdependentes da Ciência, Tecnologia e Inovação identificando as sinergias e barreiras à sua interação.

Em síntese, seis décadas se passaram e os Estudos de Futuro evoluíram de uma Previsão Tecnológica determinística para um processo sistemático orientado ao Sistema de Inovação, incorporando elementos sociais, culturais e estratégicos, entre outros, resultando no fortalecimento das interações entre tecnologia e sociedade.

REFERÊNCIAS

ANDERSEN, A. D.; ANDERSEN, P. D. *Innovation System Foresight*. Technological Forecasting and Social Change, 88, 276–286, 2014.

ANDERSEN, A.D.; ANDERSEN, P.D. *Foresighting for Inclusive Development*. Oslo: University of Oslo, Centre for technology, innovation and culture. (TIK Working Papers on Innovation Studies; No 20160115), 2016.

ALENCAR, M. S. M. *Estudo de Futuro através da Aplicação de Técnicas de Prospecção Tecnológica: o Caso da Nanotecnologia*. 2008. 193 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos). Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

AULICINO, A. L. *Foresight para políticas de CT&I com desenvolvimento sustentável: Um estudo de caso Brasil*. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, 2006.

BLAIR, P. *Technology Assessment. Current trends and the myth of a formula*. 1994.

CAGNIN C. STI *Foresight in Brazil. Foresight-Russia*, vol. 8, n.2, p. 46-55, 2014.

COATES, V. et al. *On the future of technologial foresight*. Technological Forecasting and Social Change, New York, v. 67, p. 1-17, 2001.

COELHO, G. M. *Prospecção tecnológica: metodologias e experiências nacionais e internacionais*. Projeto CTPETRO – Tendências Tecnológicas, Instituto de Nacional de Tecnologia. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Tecnologia, 2003. 99 p. (Nota Técnica, 14). 2003.

CUHLS, K. *Processos de previsão prospectiva a processos participativos – novas atividades prospectivas na Alemanha*. Journal of Forecasting, v. 23, p. 93-111. 2003.

CUHLS, K. Corporate Foresight In: CAGNIN, C.; KEENAN, M.; JOHNSTON, R.; SCAPOLO, F.; BARRE, R. (eds.) *Future-Oriented Technology Analysis*, p. 17-23. Heidelberg: Springer, 2008.

GAVIGAN, J.P.; SCAPOLO, F. *Matching Methods to the Misson: A comparison of National Foresighting Exercises*. Foresighting, Cambridge, v. 1, n. 6, p. 491 – 513, 1999.

GEORGHIOU, L. *Previsão de terceira geração – Integrando a dimensão socioeconómica. In: Conferência Internacional sobre Previsão de Tecnologia – a abordagem e o potencial da nova tecnologia de previsão*. Japão: Centro de Prospeção de Ciência e Tecnologia, Instituto Nacional de Política de Ciência e Tecnologia (NISTEP), Ministério da Educação, Cultura, Desporto, Ciência e Tecnologia. 2001.

_____ . *Futura da previsão do desenvolvimento econômico, tecnologia*. UNIDO Foresight Summit, Budapeste: 27-29 set. 2007.

HETMAN, F. *Society and the Assessment of Technology*. Paris: OECD, 1973.

IRVINE, J.; MARTIN, B. R. Foresight in Science, London; Frances Pinter.1984.

JOHNSTON, R. *The State and Contribution of International Foresight: New Challenges – The Role of Foresight in the Selection of Research Policy Priorities*, JRC-IPTS Seminar, Seville, 13–14 May. 2002.

JOHNSTON, R. *Future Critical and Key Industrial Technologies as Driving Forces for Economic Development and Competitiveness.* UNIDO Technology Foresight Summit 2007, Budapest, 27–29 September. 2007.

JOHNSTON, R. *Historical Review of the Development of Future-Oriented Technology Analysis*. In: CAGNIN, C.; KEENAN, M.; JOHNSTON, R.; SCAPOLO, F.; BARRE, R. (eds.) Future-Oriented Technology Analysis, p. 17-23. Heidelberg: Springer, 2008.

MACIEIRA, F. M. A. R. *Estudo prospectivo das necessidades tecnológicas da fileira vitinícola*. 2012. 180f. Dissertação (Mestrado em Viticultura e Enologia) – Instituto Superior de Agronomia, Universidade do Porto, Lisboa.

MARCIAL, E. C.; GRUMBACH, R. J. S. *Cenários prospectivos: como construir um futuro melhor*. 4. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

MARTIN, B. R.; JOHNSTON, R. *Technology Foresight for Wiring Up the National Innovation System: Experiences in Britain*. Australia and New Zealand. Technological Forecasting and Social Change, v. 60, p. 37-54, 1999.

MARTIN, B. R.; IRVINE, J. Research Foresight: Priority-Setting in Science, London: Pinter. 1989.

MARTIN, B.R., ANDERSON, J., MACLEAN, M. *Identifying Research Priorities in Public-Sector Funding Agencies: Mapping Science Outputs onto User Needs*. Technology Analysis and Strategic Management, v. 10, 1998.

MENDES, A.; MARCIAL, E.; FERNANDES,F. *Fundamentos da Inteligência Competitiva.* Brasília: Thesaurus, 2010. 134p., 21 cm. (Coleção Inteligência Competitiva Thesaurus). Bibliografia: p. 113-120. ISBN 978-85-7062-952-4. 2010.

MILES, I. *From Futures to Foresight* in GEORGHIOU, L., HAPER, J. C., KEENAN M., MILES, I. and POPPER, R., eds. The Handbook of Technology Foresight, Edward Elgar, 2008.

MILES, I., HAPER, J. C., GEORGHIOU, L., KEENAN M., and POPPER, R. *The many faces of foresight* in GEORGHIOU, L., HAPER, J. C., KEENAN M., MILES, I. and POPPER, R., eds. The Handbook of Technology Foresight, Edward Elgar, 2008.

MOURA, P.C. *Construindo o Futuro*. Rio de Janeiro: MAUAD TTP, 1995.

OLIVEIRA, M. M. M. *A prospecção tecnológica como ferramenta de planejamento estratégico para a construção do futuro do instituto Oswaldo Cruz*. 2009. 103 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro. 2009.

POLACINSKI, E. Prospectiva estratégica de Godet: Processo de aplicação para arranjos produtivos locais. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

PORTER, A.L. Technology foresight: types and methods. International Journal Foresight and Innovation Policy, v. 6, p. 36–45, 2010.

SANTOS, M.M.; COELHO, G.M.; SANTOS, D.M.; FELLOWS FILHO, L. *Prospecção de tecnologias de futuro: métodos, técnicas e abordagens. Parcerias Estratégicas*. n.19, p. 189-229, ago. 2004. Disponível em: <http://www.cgee.org.br/arquivos/pe_19.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2016.

SARAGOÇA, J. M. L. *Governo Electrónico Local: Diagnóstico Sociológico, Estratégia de Actores e Futuros Possíveis para o Distrito de Évora*, Portugal. 2010. 481 f. Tese (Doutorado em Sociologia) – Instituto de Investigação e Formação Avançada, Universidade de Évora, Évora. 2010.

SCHENATTO, A. F. J.; POLACINSKI, E.; DE ABRE, E. F.; DE ABREU, P. F. *Análise crítica dos estudos do futuro: uma abordagem a partir do resgate histórico e conceitual do tema*. Gestão e Produção, v. 18, n. 4, p. 739-754, 2011.

WELLS, H.G. *Wanted: professors of foresight!* Futures Research Quarterly, v. 3, n.1 (Spring), p. 89-91, 1987.

ZACKIEWICZ, M.; SALLES-FILHO, S.; *Tecnological Foresight: Um Instrumento para a Política Científica e Tecnológica.* Parcerias Tecnológicas, Brasília, n.10, p-144-161, março 2001.

PROJETOS COM TEMA DE LIVRE ESCOLHA: Uma prática de educação participativa no curso de engenharia mecânica

Lynn Alves
Guilherme Oliveira de Souza

PROJETOS COM TEMA DE LIVRE ESCOLHA: Uma prática de educação participativa no curso de engenharia mecânica

A entrada dos jovens de classe média e alta nas universidades e faculdades vem sendo cada vez mais precoce. Estes estudantes com a faixa etária de 16 a 20 anos, muitas vezes escolhem os cursos sem ter certeza do que realmente desejam, até por que, neste momento ainda não é possível ter clareza dessas escolhas que envolvem aspectos relacionados ao desejo, habilidades, interesses, fatores econômicos e algumas vezes a exigência dos pais para que escolham carreiras que têm mais status, indicam maior ganho financeiro ou ainda, que envolvam tradição familiar como, por exemplo, avós e pais engenheiros, médicos, advogados e que já têm uma história de sucesso, um legado que poderá ser herdado pelos seus descendentes diretos.

Estes sujeitos chegam ao ensino superior ainda conectados com as práticas do ensino médio. Muitas vezes adotam posturas que indicam um certo nível de imaturidade para as novas exigências do ensino superior, as quais exigem autonomia, disciplina e responsabilidade pela gestão de suas próprias rotinas e vidas acadêmicas.

Para Preti ter autonomia "é ser autor da própria fala e do próprio agir. Daí a necessidade da coerência entre o dizer e o agir, entre a ação e o conhecimento, isto é, a não-separação desses dois momentos interdependentes" (2000, p. 131).

Assim, os professores devem estar atentos a esse perfil que se caracteriza por jovens que apresentam dificuldade de concentração em atividades escolares com mais de vinte minutos, necessidade de interação contínua com seus pares, dificuldades de interagir com interfaces escolares mais clássicas como a leitura de livros e textos longos. Além disso, a escrita se constitui muitas vezes em uma prática des-

prazerosa para estes sujeitos, embora seja possível observar o exercício da escrita nas fanfictions[1], nos sites de redes sociais onde postam mensagens, compartilham outras, interagindo com uma escrita que ainda está distante dos cenários acadêmicos. Tais posturas podem sinalizar o protagonismo juvenil, no sentido de que esses sujeitos se colocam como autores e atores das suas posições e produções.

Atentos a este perfil de jovens que ingressam nas universidades, estamos desenvolvendo desde fevereiro de 2013 uma experiência diferenciada no curso de Engenharia Mecânica da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC que objetiva contribuir para formação profissional destes jovens, motivando-os a promover práticas mais autônomas, participativas e colaborativas. Este artigo tem o objetivo de analisar e discutir a experiência vivenciada pelos professores com os alunos da turma que teve ingresso em 2014.1 no curso de Engenharia Mecânica da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, apontando possibilidades pedagógicas que emergem mediante o desenvolvimento de projetos com tema de livre escolha.

JOVENS: QUEM SÃO E O QUE FAZEM?

Autores como Tapscott (1999), Rushkoff (1999), Prensky (2010), entre outros já vem pontuando que os jovens que nasceram a partir da década de oitenta e que vivem imersos no universo da cultura digital aprendem de forma diferenciada, interagindo como várias janelas cognitivas, realizando multitarefas, sendo denominados por Pretto como geração contrl + alt + del[2]. Estes jovens são capazes de realizar várias atividades simultaneamente, (segundo pesquisas realizadas pela Kaiser Family Foundation[3] e

[1] Caracterizam-se por ficções que são criadas por fãs usando personagens e universos dos conteúdos midiáticos. Por exemplo, fóruns, blog para discutirem, construírem e reconstruírem as narrativas sobre determinada obra, como por exemplo, Harry Porter.

[2] Expressão utilizada pelo professor Nelson Pretto em um evento na FACED/UFBa, em 2012.

[3] Are kids too plugged in? What's all that digital juggling doing to their brains, family life? In: Time, March 20, 2006. Disponível <http://www.cnn.com/2006/US/03/19/time.cover.story/index.html.>. Acesso em 02 de abr. 2006

Grupo Foco em 2005 no Brasil[4]) e interagem facilmente com editores de imagens, produzindo conteúdos interativos e compartilhando nas redes sociais.

Imersos no mundo imagético, preferem as telas dos computadores e dispositivos móveis às da televisão. Um fenômeno muito comum na sala de aula nos dias de hoje é os alunos (de distintas faixas etárias) fotografarem com seus smartphones os apontamentos dos professores no quadro, ao invés de copiarem no caderno ou até no bloco de notas destes dispositivos.

As instituições de educação básica e do ensino superior não estão preparadas para interagir com estes sujeitos, despertando e mantendo o desejo de aprender. Este descompasso pode provocar evasões e repetências. Na tentativa de amenizar estes descompassos, surgem estratégias que vêm sendo denominadas de inovações pedagógicas que vão desde a mediação das tecnologias digitais e telemáticas no ambiente acadêmico a práticas gamificadas, a exemplo, da experiência realizada pelo Geekgames em parceria com o MEC[5].

PROJETOS COM TEMA DE LIVRE ESCOLHA E A EDUCAÇÃO PARTICIPATIVA

Sintonizados com as demandas dos jovens que chegam ao ensino superior, em fevereiro de 2013 iniciamos uma proposta de trabalho diferenciada com os alunos que estão ingressando no curso de Engenharia Mecânica da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC. A cada nova turma que entra no curso desafiamos os alunos a produzirem autônoma, participativa e colaborativamente uma solução tecnológica qualquer, com tema de livre escolha e tomando como referência os conceitos que envolvem a formação do engenheiro mecânico.

---

[4] http://www.grupofoco.com.br/pessoas.php

[5] Geekgames, uma plataforma online de aprendizado adaptativo que possibilita aos estudantes prepararem-se para o Exame Nacional para o Ensino Médio (ENEM), através de desafios. Os alunos inscritos têm acesso a um diagnóstico e a um estudo personalizado que possibilitam identificar suas limitações e acompanhar os avanços nas áreas a serem avaliadas pelo ENEM.

Esta proposta gira em torno dos seguintes elementos centrais: Tema de Livre Escolha, Autonomia, Participação e Colaboração.

Com o Tema de Livre Escolha o que se busca é potencializar o interesse e o envolvimento de alunas e alunos na atividade a ser desenvolvida, uma vez que as equipes trabalharão em um tema com o qual terão maior identidade e afinidade.

O exercício da Autonomia é feito por meio da imposição de poucos limites e restrições ao trabalho a ser desenvolvido. As únicas exigências são as de que entreguem um relatório final que obedeça as normas da ABNT e que apresentem ao final um modelo físico ou virtual que represente a solução desenvolvida. Além disto, são estabelecidos prazos, por meio de datas específicas para apresentações e entregas. A medida em que os trabalhos são desenvolvidos, alunas e alunos se deparam com limitações de conhecimentos e habilidades técnico-profissionais, uma vez que tratam-se de ingressantes, e são essas limitações que determinarão os parâmetros para a avaliação de cada equipe. Desta maneira, são as equipes de discentes que determinam os caminhos a serem tomados neste processo de ensino-aprendizagem e nós, docentes, devemos compreender e nos adequar às particularidades do contexto de cada equipe para podermos avaliá-las.

Esta prática coloca alunas e alunos no papel protagônico do processo de ensino-aprendizagem e faz com que sua Participação seja indispensável para o sucesso em si deste processo. O fio condutor dos desenvolvimento dos trabalhos é, desde o início, de propriedade das equipes, a nós docentes, cabe o papel de consultores e avaliadores, uma vez que não nos impomos como orientadores dos trabalhos e não se estabelece a relação hierárquica característica da orientação de trabalhos acadêmicos.

O último elemento central desta proposta é a Colaboração. Nas práticas colaborativas o conhecimento é construído em coparceria e em um processo de negociação contínua, onde os sujeitos são escutados, diferenciando-se das ações mais cooperativas que caracterizam-se por uma comunicação mais unidirecional

> isto é, quando algum aluno assume um papel de expertise, explicando determinadas ideias ao grupo, e em outros momentos é multidirecional, quando os membros do grupo buscam alternativas e tomam decisões. Na cooperação se produzem consultas sobre o feito de cada um e a colaboração vai se fazendo conjuntamente (...) A colaboração seria equivalente ao que anteriormente temos definido como situações de alta cooperação (terminologia de Hertz-Lazarowitz) ou grupos cooperativos de alto rendimento (segundo denominação de Johnson, Johnson e Holubec) (ESPINOSA, 2003, p. 110-111).

Nesta proposta, não só as equipes são estimuladas a utilizarem das práticas colaborativas apresentadas por Espinosa, como também estimulamos a colaboração entre diferentes equipes. Ao longo deste período em que temos implementado esta proposta, é muito comum que alunas e alunos colaborem como consultores em projetos de outras equipes. O estímulo a essas práticas é ainda associado a uma preocupação de nossa parte em não avaliar os trabalhos adotando bases comparativas e desestimulando a competição entre equipes, o que aumenta as oportunidades de colaboração, uma vez que o melhor desempenho de uma equipe não implica em uma pior avaliação das outras.

Este exercício não é fácil e exige a mediação contínua dos professores, no sentido de implicar os alunos no processo de construção autônoma, coletiva e colaborativa, desafiando-os a solucionar os problemas propostos.

A dinâmica da proposta de trabalho desenvolvida, se estrutura através das seguintes fases:

1ª Fase – Desafio – o primeiro momento do trabalho consiste em desafiar os alunos a identificarem um problema no contexto social em diferentes espaços. Por exemplo, espaços de aprendizagem formais, como as instituições de ensino superior, indústria ou informais como a rua, a casa, dentre outros que possa ser solucionados ou amenizados a partir das contribuições da Engenharia Mecânica.

Ressaltamos sempre para os estudantes que as engenharias se constituem em áreas de interface, logo podemos ter projetos e soluções que envolvam outros campos de conhecimento. Depois devem formar grupos de no máximo 5 pessoas que tenham afinidade e interesse em trabalhar juntas. Como os alunos estão entrando no curso, muitos não se conhecem e essa atividade termina contribuindo para a construção de vínculos que poderão se manter não apenas nas atividades acadêmicas, podendo nascer vínculos de amizade que extrapolem os muros da Faculdade.

2ª Fase – Planejamento – os alunos deverão planejar o percurso metodológico para elaborar o projeto e desenvolver um modelo que pode ser físico ou virtual. Neste momento, ocorrem situações de aprendizagem diferenciadas, isto é, com a mediação dos professores do trimestre ou outros que possuam expertise no tema que está sendo desenvolvido, subsidiada também por pesquisa de similares que os estudantes precisam realizar antes de definir a solução tecnológica. Ainda neste momento, os alunos consultam os profissionais que atuam nos setores e laboratórios relacionados com o curso, assim como com o Núcleo de Propriedade Intelectual, a fim de verificar se já existem patentes semelhantes ao que desejam desenvolver. Ainda é importante ressaltar que no momento do planejamento, os professores das disciplinas Metodologia da Pesquisa, Introdução à Engenharia Mecânica e Redação e Relatórios Técnicos, responsáveis por esta proposta, subsidiam os projetos dos alunos com os aspectos teóricos-metodológicos. No que se refere às questões mais específicas, criamos um banco de projetos, usando o Googledocs, no qual as equipes registram seus projetos e que tipo de ajuda precisam. Analisamos os projetos e encaminhamos para professores especialistas que podem assessorar os alunos. Por exemplo: para construção de uma rampa automatiza-

da para cadeirantes, direcionamos o projeto para um professor e doutorando que está desenvolvendo uma cadeira de rodas inteligente.

3ª Fase – Execução – neste momento os grupos de trabalho deverão elaborar os projetos de desenvolvimento e instrumentos de investigação, quando for necessário, produzir os modelos, os relatórios técnicos e finalmente organizar os seminários para socialização e discussão dos projetos. As equipes tem adotado uma prática de realizar uma pesquisa do tipo Survey com o objetivo de investigar a viabilidade do projeto que irão desenvolver junto a sujeitos que estão na Faculdade, na família e/ou na comunidade externa. Os resultados orientam o redimensionamento do projeto. Os professores envolvidos diretamente com a proposta adotam uma perspectiva de que a aprendizagem é um processo de construção contínuo e dinâmico. Assim, toda a produção escrita dos alunos recebe feedbacks semanais. Existe uma agenda na qual os grupos devem enviar para o professor de Metodologia da Pesquisa as produções, nas quais são feitas observações, questionamentos, pontuações e devolvidas para os estudantes, a fim de ressignificarem a escrita, antes da entrega da versão final. Este momento é rico por que percebe-se claramente o crescimento das produções, bem como a compreensão da importância do desafio proposto. O "erro" passa a ser visto na perspectiva construtivista, isto é, como parte do processo e não como determinante.

4ª Fase – Acompanhamento e avaliação – durante todo o processo de desenvolvimento da proposta (que envolve a produção escrita e a do modelo), os alunos contam com a participação efetiva dos docentes que atuam na Zona de Desenvolvimento Proximal – ZDP dos sujeitos, isto é, mediando, auxiliando e respeitando as singulares competências dos discentes. Para Vygotsky (1994) a ZDP se

caracteriza por uma faixa de atuação potencial que situa-se entre aquilo que o sujeito já é capaz de fazer sozinho (entregue à resolução solitária de problemas) e a possibilidade real de um melhor desempenho seu na execução de tarefas contando com o auxílio de outros mais capazes e/ou experientes em determinadas áreas de atuação intelectual e prática. Ainda é importante ressaltar que os pares também atuam como mediadores nos processos de construção coletiva, intervindo, questionando e colaborando. Essa mediação ocorre de diferentes formas, através dos sistemas simbólicos como linguagem oral, escrita, imagética, telemática ou dos instrumentos que atuam em nível externo (VYGOTSKY, 1994). Os grupos seguem um cronograma de trabalho estabelecido desde a primeira aula, considerando que os alunos precisam ter avaliações quantitativas para atender a exigência do sistema educacional brasileiro, a cada cumprimento de meta, os alunos recebem pontuações que culminam com a média final que envolve os aspectos qualitativos e quantitativos. As produções devem ser socializadas para toda a comunidade acadêmica em dois momentos, através de seminários. O primeiro seminário conta com a presença dos professores de Metodologia da Pesquisa, Introdução à Engenharia Mecânica, Redação e Relatórios Técnicos e demais professores colaboradores dos projetos e tem o objetivo de contribuir e avaliar o trabalho antes da sua conclusão. E no fim do trimestre os alunos apresentam os resultados alcançados no projeto, apresentando para toda a comunidade a versão final do modelo físico ou virtual construído.

ENGAJAMENTO E IMPLICAÇÃO NO DESAFIO DE APRENDER COM O OUTRO

Com o objetivo de subsidiar nossas práticas durante o trimestre adotamos uma postura investigativa a fim de analisar a percepção

e envolvimento, bem como a apropriação dos conceitos relacionados com a Engenharia Mecânica pelos alunos durante as atividades. Para tanto, foram construídos dois instrumentos de investigação. O primeiro objetiva conhecer o perfil dos alunos e identificar as expectativas em relação a disciplina de Metodologia da Pesquisa, reconhecendo o que já sabem sobre a mesma. O segundo questionário, com nove questões abertas e fechadas, foi respondido na última semana de aula e os alunos não precisavam se identificar, a fim de deixá-los livres para se expressar, sem receios em relação ao que desejavam dizer. O outro instrumento foi o roteiro de observações que foi utilizado durante todas as atividades desenvolvidas.

Os resultados são socializados abaixo e intencionam subsidiar novas propostas de aprendizagens que estejam atentas as demandas dos alunos nos processos de formação em Engenharia Mecânica.

No projeto realizado no período de fevereiro de 2014 a maio de 2014, contamos com a participação de 33 alunos, sendo que 7 do sexo feminino e 26 do sexo masculino nas seguintes faixas etárias: 37% tinham 18 anos; 24% tinham 19 anos; 15% estavam na faixa etária de 21 anos; 9% na faixa etária de 17 anos; 6% na faixa etária de 20 anos; 3% na faixa etária de 16 anos; 3% na faixa etária de 22 anos; e 3% na faixa etária de 45 anos.

Um percentual significativo dos alunos apresenta-se em uma faixa etária que os coloca ainda fortemente na adolescência se adotarmos a perspectiva biológica, que determina uma idade para início e fim da adolescência. Portanto, enquanto jovens que se encontram na fase de transição para vida adulta, trazem muitas dúvidas em relação a sua carreira profissional. Mas é interessante registrar que estes alunos vieram para a Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC por desejarem ingressar na indústria e ter oportunidades efetivas de interação com laboratórios que irão contribuir para sua qualificação. Outra razão que mobiliza os estudantes além da credibilidade da instituição, é a certeza que não serão afetados pelas greves que desarticulam as ações nas universidades públicas. Ainda é importante ressaltar que

muitos destes sujeitos têm o desejo de sair do país para vivenciar experiências profissionais em outros locais, especialmente na Alemanha, onde a instituição tem parcerias. No decorrer do trimestre se interessam pelas informações relativas ao Ciências sem Fronteiras e a possibilidade de efetivar uma vivência fora do país.

Quando questionados sobre os aspectos positivos da proposta vivenciada no projeto aqui descrito, os alunos apontaram as seguintes contribuições: crescimento profissional e acadêmico (12 alunos), a complexidade da proposta (6), o desafio de desenvolver o projeto (4) e criatividade (3 alunos). Oito alunos não responderam essa questão.

Ainda questionamos sobre o nível de envolvimento no projeto e foram encontrados os seguintes resultados: 23 alunos registraram que desde o início da proposta se interessaram e participaram ativamente; 7 deles responderam que assumiram a liderança e participaram ativamente; 2 indicaram que não se envolveram logo no início da atividade, mas que depois contribuíram e participaram da proposta; e apenas 1 registrou que o nível de interesse teve relação direta com a nota das disciplinas envolvidas.

A observação na sala de aula e os resultados do questionário delineiam as seguintes manifestações de liderança: líderes que assumem um papel democrático (33%), ouvindo e negociando os papeis e ações sendo eleitos pelo próprio grupo, aqueles que embora indicados pelo grupo assumem uma postura mais do tipo *Laissez-faire* (17%) deixando as coisas acontecerem e agindo quando são pressionados pelo cronograma e pelo grupo. E finalmente a liderança situacional que predominou em 50% dos grupos, isto é, cada um assume o papel no momento em que precisa se alcançar os objetivos.

Considerando que os alunos estão entrando na Faculdade e consequentemente no seu primeiro curso de graduação, esses dados apontam aspectos positivos na medida em que estão familiarizados com o trabalho em grupo e definição de papéis para alcançar os objetivos comuns. Contudo, na questão seguinte um dado nos preocupou. Quando questionados como participaram da proposta, 16 alunos

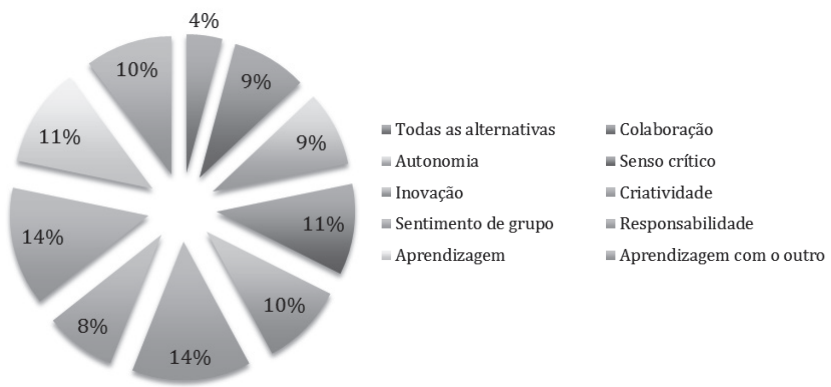
indicaram ter realizado as seguintes tarefas: elaboração do projeto, relatório, apresentações para os seminários, a realização das entrevistas com outros profissionais e levantamento de dados. Embora esse dado apresente uma contradição com os dados acima, pode ser explicado com a indicação feita por 8 alunos ao registrar que a maior dificuldade para realizar o trabalho foi justamente envolver os demais membros do grupo.

Em contraponto, 10 alunos registraram que o desafio proposto contribuiu para aprender coisas novas. Outros pontos sinalizados como positivos foram: acesso aos laboratórios e profissionais do SENAI (10 alunos), supervisão dos professores (12 alunos) e apenas 1 registrou a participação de toda a equipe.

No que se refere à dinâmica de envio das versões para os professores antes da produção da versão final, foi indicado por 14 alunos como uma boa estratégia para revisar e ir aprendendo.

Ao serem questionados sobre os aspectos que foram desenvolvidos durante o projeto, os alunos tiveram a opção de marcar mais de um dos itens apresentados e foram registrados os seguintes dados:

Gráfico 1 – Aspectos desenvolvidos durante o trabalho

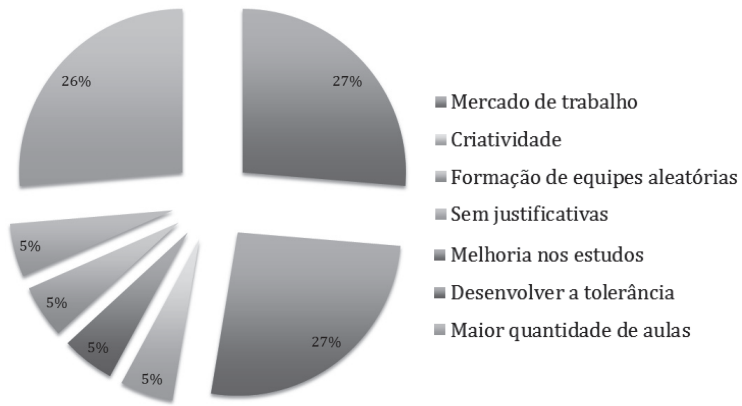


Fonte: Os autores

Mais uma vez percebemos uma inconsistência de dados, na medida em que 8% (18 alunos) indicaram que o sentimento de grupo foi desenvolvido, assim como a colaboração com 9% (19 alunos) e responsabilidade indicada por 14% (30 alunos). Acreditamos que na próxima turma teremos que atentar mais para esses aspectos contraditórios, inclusive verificando se não houve por parte dos alunos uma incompreensão das questões presentes no instrumento de investigação. Por outro lado, o senso crítico, a responsabilidade (mesmo com a indicação de que poucos se envolveram no trabalho), a aprendizagem, a aprendizagem com o outro e a inovação destacados pelos alunos como aspectos que foram potencializados com o desafio, dá indícios de que propostas que desafiem os alunos e os coloquem no lugar de protagonistas contribuem para a emergência de distintas aprendizagens.

A última questão indagou aos alunos se a atividade de desenvolver o projeto de Introdução à Engenharia Mecânica deveria acontecer no primeiro trimestre. O retorno foi positivo na medida em que 19 alunos indicaram que sim; 13 que não e 1 deixou sem resposta. Quando solicitados a justificarem as respostas obtivemos os seguintes resultados:

Gráfico 2 – Resposta do questionamento: Por que sim?



Fonte: Os autores

Aspectos como preparação para o mercado de trabalho e contribuir para melhorar os estudos foram indicados como justificativas para continuidade do projeto no primeiro trimestre do curso, fortalecendo nossos objetivos de contribuir para ampliar as experiências dos estudantes no curso antes de vivenciarem o mercado de trabalho.

Em contraponto, os alunos que acreditam que o projeto não deve ser desenvolvido no início do curso apontam a falta de base teórica como principal motivo (10 alunos), um aluno indicou como falta de responsabilidade ainda para realizar tal desafio e dois não justificaram.

Estes dados nos possibilitam reavaliar a proposta fazendo ajustes que se sintonizem com os desejos e demandas destes sujeitos, subsidiando os projetos que serão desenvolvidos nos próximos semestres.

CONSTRUINDO CONCEITOS E HABILIDADES NA ÁREA DE ENGENHARIA

Analisando a proposta apresentada neste trabalho sob a ótica do desenvolvimento de conceitos e habilidades profissionais relacionadas com a área de formação do curso, consideramos que a realização de projetos de tema livre logo no período de ingresso tem como principais aspectos positivos para os alunos o contato precoce com conteúdos específicos e profissionalizantes, o contato com conhecimentos de outros campos profissionais e o desenvolvimento de habilidades necessárias ao exercício profissional e valorosas ao longo de seus percursos formativos.

Em nossa experiência com projetos de tema livre ao longo dos últimos anos observamos que, em todas as turmas, após apresentada a proposta deste tipo de projeto, há sempre uma inquietude generalizada por parte dos alunos motivada pelo que eles caracterizam como uma falta de conhecimentos específicos de engenharia que os possibilite desenvolver os projetos que gostariam. Há sempre uma preocupação com o grau de complexidade do que proporão, da incapacidade de lidar com os aspectos técnicos da resolução do problema

e com o que serão capazes de entregar (se o resultado será satisfatório para eles e para seus avaliadores) e, algumas vezes, se serão capazes de entregar algo. Sempre dizemos que a avaliação levará em conta a complexidade da proposta e dos conhecimentos necessários e que o projeto é analisado como um todo e não será apenas a qualidade técnica da solução apresentada que será considerada, mas, principalmente a evolução da equipe, ou seja, os conhecimentos adquiridos e as habilidades desenvolvidas por seus integrantes.

Uma vez definidos os temas, nos preocupamos que os alunos tenham a sua ação tecnológica orientada no que diz respeito a como lidar com os desafios propostos para que sejam desenvolvidas as soluções. Assim, as equipes são orientadas a analisar o problema, determinar as funções que o produto ou sistema deverá desempenhar e propor soluções para o desempenho destas funções.

A compreensão apropriada do problema e o domínio dos princípios de solução necessitam de conhecimentos específicos que, em grande parte das vezes, os alunos não têm. Isto faz com que eles busquem se apropriar destes conhecimentos para que proponham as melhores soluções e para justificar suas escolhas perante seus avaliadores. Nesta busca eles se deparam com a necessidade de conhecimentos básicos para a compreensão dos específicos, o que desperta neles a percepção da importância daqueles conhecimentos básicos, que normalmente estão associados a disciplinas consideradas tediosas ou sem sentido prático para eles.

Além disto, o contato precoce com conhecimentos específicos e profissionalizantes, abordados em componentes curriculares que, pela matriz curricular do curso, ocorrem após um ano ou mais de estudos oportuniza uma melhor compreensão global da área de formação escolhida. Consideramos que essa visão mais ampla contribui com a construção da identidade do aluno com o curso e atua como agente de potencialização do interesse de alguns, ou de despertar do interesse para outros, favorecendo o encantamento que os motivará a enfrentar os desafios e percalços do longo percurso formativo que os espera.

Outro importante aspecto desta dinâmica de desafiar os alunos com a necessidade de conhecimentos que estão para além de seus domínios é o de que isto ajuda a desenvolver a percepção da necessidade de se estudar e adquirir conhecimentos como um elemento inerente da profissão. A habilidade de aprender, o saber aprender e o se sentir capaz de fazê-lo é, talvez, mais importante que o próprio saber e constitui uma habilidade fundamental a ser desenvolvida, uma vez que as profissões das áreas tecnológicas são caracterizadas por um ritmo contínuo de atualizações, transformações e mudanças. Devemos considerar ainda que esta habilidade tem grande valor para a autonomia do sujeito, pois gera autoconfiança e empoderamento.

O empenho em se apropriar dos conhecimentos necessários para a escolha das soluções e suas justificativas pode levar também os alunos a se depararem com conhecimentos de outros campos profissionais e que, portanto, não serão abordados em seu curso. Isso contribui com a percepção do caráter multi e transdisciplinar da vida profissional, da necessidade do trabalho em equipe e de conhecimentos e habilidades complementares, e da importância de se contar com e respeitar profissionais de outras áreas ou com outras formações.

Em se tratando do desenvolvimento de habilidades necessárias ao exercício profissional e que serão úteis ao longo do percurso formativo dos alunos, acreditamos que a prática aqui relatada estimula habilidades de três tipos, as de gestão, as relacionais e as funcionais ou técnicas.

As habilidades de gestão que são trabalhas estão relacionadas com a elaboração de plano de trabalho (um dos entregáveis cobrados das equipes), a definição de metas e prazos e a determinação de responsáveis, a divisão de tarefas e responsabilidades, a mediação e solução de conflitos e o desempenho do papel de liderança.

As habilidades relacionais desenvolvidas são as associadas ao trabalho em equipe, ao desempenho do papel de líder e liderado em grupos sem definição de relações hierárquicas (uma característica de muitos ambientes profissionais na Engenharia) e às relações profissionais e

comerciais, uma vez que é frequente a necessidade de contato com pesquisadores e profissionais de outras áreas da Faculdade e até de outras Instituições e empresas.

As habilidades funcionais ou técnicas desenvolvidas são as mais diversas. Para a turma relatada aqui, a de 2014.1, destacamos as seguintes: fazer análise funcional do problema (necessidade da solução ser funcional e útil), definir funções, propor soluções técnicas focadas na funcionalidade, realizar pesquisa de similares, especificar componentes e dispositivos técnicos, comunicar-se tecnicamente (com vocabulário técnico específico), realizar desenho técnico, operar software CAD para modelagem virtual e simulação, operar máquinas e utilizar ferramentas de oficina.

TEMAS E HABILIDADES DESENVOLVIDAS

Nos parágrafos seguintes são apresentados de maneira resumida os temas e as habilidades técnicas específicas desenvolvidas pelos alunos da turma 2014.1 do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC.

Assento Higiênico para Banheiros Químicos – a proposta deste trabalho foi a de desenvolver um sistema mecânico para revestir um assento sanitário de banheiro químico com um filme plástico substituível a cada utilização. Foi confeccionado um modelo físico para demonstração. As principais habilidades técnicas desenvolvidas foram:

- realizar pesquisa de similares – foram identificados 4 produtos similares de 2 fabricantes diferentes;
- especificar componentes e dispositivos técnicos –foram especificados o revestimento do assento, motores elétricos, componentes elétricos e elementos de máquinas;
- comunicar-se tecnicamente – o vocabulário desenvolvido envolvia termos relacionados com materiais, elementos de máquinas e motores e componentes elétricos;

- realizar desenho técnico;
- operar máquinas e utilizar ferramentas de oficina – foi confeccionado um modelo funcional em madeira, com acionamento manual utilizando manivela;
- realizar contatos profissionais e comerciais – os alunos visitaram uma empresa de aluguel de banheiros químicos e contataram os fabricantes dos similares para conhecerem seus produtos.

Facilitador de Martelagem – este projeto teve como objetivo desenvolver um dispositivo de auxílio ao martelamento de pregos em ambientes residenciais, de maneira a tornar esta operação mais prática e segura. Foram confeccionados modelos virtual e físico para demonstração. As principais habilidades técnicas desenvolvidas foram:

- realizar pesquisa de similares – foram identificados 5 produtos similares de 4 fabricantes diferentes, com soluções que abrangem desde dispositivos manuais a pregadores automáticos industriais;
- especificar componentes e dispositivos técnicos – foram especificados os materiais que comporiam todos os componentes (aço para o corpo de martelamento e teflon para o revestimento externo), uma mola de retorno e um imã para orientação e fixação do prego ao corpo de martelamento.;
- comunicar-se tecnicamente – o vocabulário desenvolvido envolvia termos relacionados com materiais e elementos de máquinas;
- operar máquinas e utilizar ferramentas de oficina – foi confeccionado um protótipo metálico funcional em tamanho real para demonstração de funcionamento;

Freezer de Abertura Automática – o objetivo deste projeto foi desenvolver um sistema para abertura automática de tampas de freezers horizontais, utilizando pedais, travas eletrônico-mecânicas e pistões

a gás, para que não haja a necessidade de utilizar as mãos. Foi confeccionado um modelo físico em escala para demonstração. As principais habilidades técnicas desenvolvidas foram:

- realizar pesquisa de similares – foram identificados 3 produtos similares que envolviam a abertura automática de portas de produtos diferentes (geladeira vertical, porta-malas de automóveis e armários de cozinha);
- especificar componentes e dispositivos técnicos – foram especificados uma trava eletrônico-mecânica similar a utilizada em porta malas de automóveis, pistões a gás articulados capazes de levantar e sustentar a porta do freezer e uma placa de circuito impresso open-source multipropósito para comandar a trava;
- comunicar-se tecnicamente – o vocabulário desenvolvido envolvia termos relacionados com materiais e elementos de máquinas;
- realizar cálculos técnicos – para a especificação técnica dos pistões a gás articulados foi necessário calcular a força necessária para superar a resistência do sistema de vedação e elevar a tampa de um freezer horizontal residencial de referência;
- operar máquinas e utilizar ferramentas de oficina – foi confeccionado um modelo físico funcional em escala, com pedal e trava de acionamento mecânico através de cabos de aço.

Para-Sol Automático – a proposta deste trabalho foi desenvolver um para-sol automático para automóveis. Foi confeccionado um modelo físico funcional para demonstração. As principais habilidades técnicas desenvolvidas foram:

- especificar componentes e dispositivos técnicos – foram especificados motor elétrico, componentes elétricos e elementos de máquinas;
- comunicar-se tecnicamente – o vocabulário desenvolvido envolvia termos relacionados com materiais, elementos de máquinas e motores e componentes elétricos;

- utilizar ferramentas de oficina – foi confeccionado um modelo funcional com componentes reaproveitados de aparelhos eletroeletrônicos descartados.

Pneu Piezoelétrico – o objetivo deste trabalho foi conceber um modelo de pneu que se utilize da piezoeletricidade para gerar energia elétrica e, com isso, contribuir para o aumento da autonomia de veículos elétricos. Este projeto teve um foco mais conceitual e envolveu a proposta de se utilizar uma manta de um polímero piezolétrico na parte interna do pneu, abaixo da banda de rodagem. As principais habilidades técnicas desenvolvidas foram:

- realizar pesquisa de similares – foram apresentados 5 produtos similares, sendo três envolvendo outras aplicações da piezoeletricidade, um que envolvia a geração de energia elétrica por indução eletromagnética aproveitando o movimento dos pneus e um que envolvia a aplicação de nanofilamentos cerâmicos piezoelétricos em pneus para a geração de energia elétrica;
- especificar componentes e dispositivos técnicos – foi encontrado pelos alunos um material piezoelétrico nanocompósito de base polimérica (SAKAMOTO, 2011) que teria as propriedades mecânicas adequadas à solução proposta;
- comunicar-se tecnicamente – o vocabulário desenvolvido envolvia termos técnicos relacionados com materiais, eletricidade aplicada, eletrotécnica, piezoeletricidade e pneus;
- revisar literatura especializada – a equipe fez um revisão conceitual mais ampla recorrendo a títulos em inglês e livros e artigos acadêmicos relacionados;
- realizar contatos acadêmicos – após a identificação de que um nanocompósito de base polimérica estava sendo desenvolvido por pesquisadores da UNESP, os alunos contataram o Prof. Sakamoto, que está a frente das pesquisas envolvendo este material;

- operar sistemas computacionais de auxílio a atividades de engenharia – o sistema proposto foi modelado virtualmente em um sistema CAD 3D.

Aparelho de Recarga de Canetas Hidrográficas para Quadro Branco – este projeto teve como objetivo desenvolver um dispositivo de parede para recarga de canetas hidrográficas (ou marcadores) para quadro branco não recarregáveis. As principais habilidades técnicas desenvolvidas foram:

- realizar pesquisa de similares – foram identificados 2 tipos de marcadores recarregáveis, mas, nenhum produto voltado para a recargar de marcadores não recarregáveis;
- especificar componentes e dispositivos técnicos –foram especificados materiais para o reservatório de tinta e a carenagem do dispositivo, além de uma agulha para injeção da tinta na carga do marcador;
- comunicar-se tecnicamente – o vocabulário desenvolvido envolvia termos técnicos relacionados com materiais e tintas;
- operar máquinas e utilizar ferramentas de oficina – foi confeccionado um modelo funcional em madeira para demonstração de funcionamento;
- realizar contatos profissionais e comerciais – os alunos entraram em contato com fabricantes de canetas hidrográficas para quadro branco com o objetivo de coletar informações a respeito do tipo de tinta utilizado nestes produtos;
- operar sistemas computacionais de auxílio a atividades de engenharia – o sistema proposto foi modelado virtualmente em um sistema CAD 3D.

Os trabalhos aqui apresentados indicam a criatividade, inovação e empreendedorismo dos alunos que desafiados, buscam interlocução com diferentes saberes para construir conceitos no que se refere ao campo da engenharia mecânica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As reflexões aqui apresentadas vêm subsidiando o delineamento de novas práticas que objetivam incentivar protagonismo dos alunos que iniciam o curso de Engenharia Mecânica, colocando-os desde do primeiro momento na condição autores e atores do processo de ensinar e aprender. Um exercício que requer envolvimento e engajamento de professores e alunos que estão comprometidos por construir um sentido diferenciado para aprendizagem.

Outro ponto que merece destaque na prática que estamos desenvolvendo junto aos alunos é as ideias inovadoras surgem a partir de redes colaborativas e quanto maior as possibilidades de conexões e de combinações possíveis entre os sujeitos e ideias, mas favorável é o ambiente a se adaptar, adotar novas configurações e ser inovativa (JOHNSON, 2011).

Assim, trilhamos um percurso singular que se estrutura e configura mediante o protagonismo de cada um nessa rede de aprendizagens.

REFERÊNCIAS

ALMENARA, Julio Cabero. Principios pedagógicos, psicológicos y socilógicos del trabajo colatorativo: su proyección en la telenseñanza. In: SÁNCHEZ, Francisco Martínez (org.) **Redes de comunicación en la enseñanza: las nuevas perspectivas del trabajo corporativo**. Barcelona: Paidós, 2003.

CROOK. Charles. **Ordenadores y aprendizaje colaborativo**. Madri: Ediciones Morata, S.L. 1996.

ESPINOSA, Maria Paz Prendes. Aprendemos… ¿ Cooperando o colaborando? Las claves del método. In: SÁNCHEZ, Francisco Martínez (org.) **Redes de comunicación en la enseñanza: las nuevas perspectivas del trabajo corporativo**. Barcelona: Paidós, 2003. p. 95-127.

PRENSKY, Marc. **Digital Natives, Digital Immigrants -- A New Way To Look At Ourselves and Our Kids**. Disponível na URL: http://www.marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20Digital%20Natives,%20Di-

gital%20Immigrants%20-%20Part1.pdf. Acesso em 22 set. 2007

PRETI, Oreste. Autonomia do aprendiz na Educação a Distância. In: PRETI, Oreste (Org.) **Educação a Distância: construindo significados**. Brasília: Plano, 2000, p. 125-146.

_____ . A "autonomia" do estudante na educação a distância: entre concepções, desejos, normatizações e práticas. In: **Discursos e práticas.** Brasília: Liberlivro, 2005. p. 109-151.

RUSHKOFF, Douglas; **Um jogo chamado futuro – Como a cultura dos garotos pode nos ensinar a sobreviver na era do caos**. Rio de Janeiro: Revan, 1999.

SAKAMOTO, W. K. et al. Lead Titanate-Based Nanocomposite: Fabrication, Characterization and Application and Energy Conversion Evaluation. In: Lallart, M. (Ed.). **Ferroelectrics: Material Aspects**. [S.l.]: InTech, 2011. Disponível na URL: http://www.intechopen.com/books/ferroelectrics-material-aspects/lead-titanate-based-nanocomposite-fabrication-characterization-and-application-and-energy-conversion

TAPSCOTT, Don. Geração Digital **– A crescente e irreversível ascensão da Geração Net.** São Paulo: Makron Books do Brasil, 1999.

VYGOTSKY, Lev Semyonovitch. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores.** Org. Michael Cole... [et al.]. São Paulo: Martins Fontes, 1994.

_____ . **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1993.

O USO DE FERRAMENTAS ANALÍTICAS COMO APOIO NA GESTÃO E NA AVALIAÇÃO EM AMBIENTES VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM

Margarete N. dos S. Jorge
Peterson Lobato
Eduardo M. de F. Jorge
Hugo S. P. Cardoso

O USO DE FERRAMENTAS ANALÍTICAS COMO APOIO NA GESTÃO E NA AVALIAÇÃO EM AMBIENTES VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM

INTRODUÇÃO

Segundo o Censo da Educação Superior (2013) o Brasil terminou o ano de 2012 com 7 milhões de inscritos no ensino superior, sendo que desses 1,2 milhão (15%) corresponde aos matriculados na modalidade de ensino à distância (EAD). Além disso, a quantidade de alunos matriculados no ensino a distância tem crescido mais que no ensino presencial, registrando um aumento de 12,2% no ensino EAD enquanto no presencial esse aumento foi de 3,1%.

Um dos fatores que contribuíram para esse aumento foi a popularização da banda larga no Brasil, o principal meio utilizado pelas instituições que disponibilizam essa modalidade de ensino. Para isso, as mesmas utilizam ambientes virtuais de aprendizagem (AVA), que são responsáveis por fazer a ponte entre administrador, professor e aluno.

A plataforma mais utilizada como ambientes virtuais de aprendizagem hoje é o moodle por ser uma ferramenta gratuita, confiável e de fácil customização. O programa TelecentrosBR utiliza a ferramenta moodle como ambiente virtual de aprendizagem, porém esta ferramenta é limitada para análise histórica sobre grupos de alunos e suas realizações no ambiente. O moodle não foi construído com o propósito analítico mas sim para a dinâmica de aulas EAD. Além disso, não foca em informações que auxiliem o administrador na tomada de decisão e o professor na avaliação histórica de grupo de alunos. Dessa forma, o desenvolvimento de soluções que supram essa demanda fica a cargo de cada instituição usuária.

No artigo intitulado de Limitações tecnológicas para a avaliação processual da aprendizagem em plataformas virtuais de EAD, Oliveira e Fialho (2012), fazem uma análise do processo avaliativo utilizado por professores de EAD de instituições de ensino superior (públicas e privadas) que utilizam o moodle como ambiente virtual de aprendizagem. Os dados analisados foram obtidos através de entrevistas e da aplicação de questionários. A análise dos dados levantados revelou, segundo Oliveira e Fialho (2012), que é:

> imprescindível estabelecer instrumentos que ajudem aos professores no acompanhamento do aluno, de forma a identificar se os mesmos estão participando e adquirindo conhecimento, e se os caminhos para esta aquisição estão coerentes com as perspectivas pedagógicas traçadas pelo curso ou instituição. Para isso, é necessário fazer com que as informações sobre as interações, tarefas e atividades nas diversas funcionalidades reunidas no MOODLE sejam cuidadosamente integradas e analisadas, de acordo com a concepção do que seja avaliação da aprendizagem por cada docente, estabelecendo seu próprio cenário, que gradativamente vai sendo modificado no decorrer da evolução do processo de ensino-aprendizagem e da trajetória de desempenho dos alunos.

Neste contexto, este artigo apresenta uma solução de *Business Intelligence* (BI) integrada com uma ferramenta de EAD aplicada no programa do governo federal de capacitação de monitores denominado de TelecentrosBR. Assim, o objetivo foi a construção do BI-TelecentrosBR, um software para consultas analíticas baseadas no conceito da Avaliação Processual. Como resultado, o projeto gerou além do BI-TelecentrosBR, uma ferramenta genérica que pode ser utilizada por qualquer instituição que use o moodle como ambiente virtual de aprendizagem, o SpagoBI-Moodle. Essas duas ferramentas foram desenvolvidas com o intuito de melhorar a apresentação dos dados do Moodle e assim auxiliar gestores, professores e tutores na análise e avaliação do corpo discente.

Como metodologia para projetar a solução de BI para o EAD, utilizou-se a condução da pesquisa nos moldes da pesquisa-ação devido às interações ao longo do processo da evolução da solução com os gestores, professores e tutores do programa TelecentrosBR (GUBA;

LINCOLN, 1994). A seção a seguir traz o contexto histórico da EAD e suas limitações com relação ao processo de aprendizagem. A terceira seção traz os conceitos referentes ao BI e uma breve apresentação das ferramentas utilizadas para o desenvolvimento das aplicações que serão apresentadas nas seções seguintes, a primeira aplicação apresentada será o BI-TelecentrosBR e em seguida o SpagoBI-Moodle. A última seção corresponde às considerações finais sobre o que foi supracitado.

CONTEXTO HISTÓRICO DA EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA (EAD) E SUAS LIMITAÇÕES EM RELAÇÃO AO PROCESSO DE APRENDIZAGEM

Segundo Moran, atualmente existem três modalidades de ensino: a educação presencial ou convencional, a educação semipresencial e a educação à distância. A primeira se caracteriza por ter o aluno e o professor no mesmo espaço físico (sala de aula). A segunda por acontecer parte na sala de aula e parte à distância. A última, a educação à distância, caracteriza-se por ser feita fundamentalmente com o professor e o aluno separados no espaço e/ou no tempo, podendo haver momentos presenciais e momentos em que os agentes (professor e aluno) estejam juntos através das tecnologias da informação.

A Educação à distância tem o seu marco inicial em 1728, quando o Professor Caleb Philipps, publicou na Gazeta de Boston um curso para ensino e tutoria por correspondência, porém foi só no século XIX que surgiu a primeira instituição de ensino a distância, o Instituto Líber Hermondes, também com cursos por correspondência. Um grande avanço da EAD e um dos fatores que consolidaram sua aceitação foi a disponibilização de cursos pelo rádio e, mais tarde, pela televisão.

O primeiro registro de educação à distância no Brasil foi do curso por correspondência para datilógrafo, publicado na seção de classificados do Jornal do Brasil. No rádio, o primeiro registro foi dos cursos disponibilizados pela Rádio Sociedade do Rio de Janeiro. O

Instituto Padre Reus foi o responsável por inserir a educação à distância no ramo televisivo.

Foi somente em 1996, que a Educação à distância foi oficializada no Brasil através da criação da Secretaria de Educação à Distância pelo Ministério da Educação e pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional n° 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Porém, só foi regulamentada em 2005 no Decreto n° 5.622, que só entrou em vigor em 2007, e define a EAD no Art 1º como:

> Art. 1º Para os fins deste Decreto, caracteriza-se a Educação à Distância como modalidade educacional na qual a mediação didático-pedagógica nos processos de ensino e aprendizagem ocorre com a utilização de meios e tecnologias de informação e comunicação, com estudantes e professores desenvolvendo atividades educativas em lugares ou tempos diversos.

O advento das tecnologias de informação e comunicação (TIC) reavivou as práticas de EAD devido à flexibilidade do tempo, quebra de barreiras espaciais, emissão e recebimento instantâneo de materiais, o que permite realizar tanto as tradicionais formas mecanicistas de transmitir conteúdos, agora digitalizados e hipermidiáticos, como explorar o potencial de interatividade das TICs e desenvolver atividades à distância com base na interação e na produção de conhecimento (ALMEIDA, 2003). Devido a isso, as TICs são a forma mais utilizada hoje para dar suporte a EAD.

Os ambientes virtuais de aprendizagem, também chamados de ambientes digitais de aprendizagem, são conceituados por Almeida (2013) como sistemas computacionais disponíveis na internet, destinados ao suporte de atividades mediadas pelas tecnologias de informação e comunicação. Eles podem ser utilizados para apoiar o ensino à distância feito exclusivamente online, as atividades presenciais e a educação semipresencial, na parte não presencial. Os usuários desses ambientes podem ter acesso a conteúdo multimídia, chats, fóruns, listas de discussão, diferentes métodos avaliativos e muitos outros recursos que dependem da ferramenta utilizada.

Apesar dos recursos supracitados, a gestão acadêmica e do acompanhamento do histórico de utilização e realização de atividades/frequência dos alunos neste ambiente é limitada. O processo de entender o aprendizado do aluno, não somente pelo resultado quantitativo das avaliações, demanda análises históricas pelos professores e tutores do comportamento de uso do ambiente EAD. Esta análise no moodle demanda grandes esforços ou mesmo um não acompanhamento pedagógico adequado (LOPES, FIALHO, 2011). A seguir apresenta-se uma breve introdução sobre *Business Intelligence*, visto que a proposta deste artigo propõe a integração desta técnica com a ferramenta moodle para ajudar gestores, professores e tutores na atividade acadêmica pautada na avaliação processual.

FERRAMENTAS OLAP PARA *BUSINESS INTELLIGENCE*

Nos anos 90, a difusão da internet e dos dispositivos sem fio permitiram a transferência em larga escala de dados e o uso de sofisticados meios de comunicação. (Tradução livre: VERCELLIS, 2009). Devido a isso, qualquer pessoa com acesso a esses meios tinha também acesso a toda e qualquer informação contida neles, deu-se início assim a chamada *"revolução dos dados e da informação"*.

Com acesso ágil e fácil a informação, as organizações necessitavam tomar decisões cada vez mais rápidas. Para que isso fosse possível foi necessário utilizar da própria informação como mecanismo de auxílio ao planejamento e à tomada de decisão. Essa prática fez da informação o bem mais precioso para as organizações.

Devido à grande quantidade de informação que trafegava na internet e que era coletada para análise, os bancos de dados aumentaram consideravelmente de tamanho, o que tornou a análise por meio dos sistemas de gerenciamento de informação (SIG), e dos sistemas de informação executiva (EIS) impraticável. Eis, que surgem novas funcionalidades, que acopladas as presentes nos sistemas de informação executiva auxiliaram na extração dos dados e na geração de informação para auxiliar a análise dos gestores. Esse conjunto de

funções passou a ser chamado de *Business Intelligence* (BI), definido por Kimball como:

> Um termo genérico para descrever o aproveitamento dos recursos internos e externos da organização para tomar melhores decisões de negócios (KIMBALL, 2002, p. 393)

Quando os gestores responsáveis por tomar decisões utilizam um sistema de BI a qualidade das decisões tomadas são melhores, pois para chegar a elas foram analisados todos os dados disponíveis, que aliados à experiência e conhecimento adquiridos ao longo do tempo pelo gestor as tornam melhor fundamentadas.

Um sistema de BI provê informações e conhecimento baseados nos dados extraídos através da aplicação de modelos matemáticos e algoritmos nas bases de dados disponíveis. (Tradução livre: Adaptado de Vercellis, 2009) Segundo Barbieri (2011), o conceito de BI pode ser entendido como "a utilização de variadas fontes de informação para definir estratégias de competitividade nos negócios da empresa". Essas fontes de informação compõem o primeiro componente da arquitetura do BI, e são comumente chamadas de *Data Sources* (DS).

Na maioria dos casos, esses dados provêm dos sistemas empresariais, através das bases de dados operacionais (convencionais), esse tipo de dado é chamado de estruturado, porém podem ser obtidos também de documentos que contém dados não estruturados, como e-mail. A extração desses dados é feita através de um processo denominado *extract, transform and load* (ETL), que consiste na extração de dados dos *Data Sources*; na transformação desses dados, garantindo que eles estejam coesos, livres de inconsistências e imprecisões; e no carregamento desses dados em novas bases de dados, denominadas de *Data Marts e Data Warehouses*, que juntos compõem o segundo componente do BI.

O *Data Warehouse* é definido por Kimball (2002) como "um banco de dados que tem por objetivo disponibilizar informações históricas sobre a organização para apoiar a tomada de decisão. Ao contrário dos bancos de dados transacionais operacionais, que tem como foco

os dados operacionais gerados das atividades cotidianas da organização, o *data warehouse* tem como foco o conjunto desses dados, organizados de tal forma que deem subsídios para que o gestor possa melhor gerir o seu negócio". O *data mart* é composto pela coleção dos dados do DW referentes a um assunto específico.

Existem duas vertentes para o desenvolvimento de um DW, a metodologia desenvolvida por Inmon e a desenvolvida por Kimball. O primeiro é considerado o pai do conceito de *data warehouse* e desenvolveu a metodologia chamada de *top-down*. O segundo desenvolveu o *star schema* (esquema estrela), um modelo de modelagem de dados no qual estes são estruturados na forma dimensional, e desenvolveu a metodologia *bottom-up*.

A metodologia *top-down* dá ênfase no desenvolvimento de "um grande depósito central (DW) de informações empresariais tratadas, limpas e integradas, construído inicialmente, e de onde outros depósitos secundários (DM) são originados e construídos". (BARBIERI, 2011) Normalmente é utilizada para projetos grandes e desenvolvidos sob modelo de ciclo de vida em espiral.

A metodologia *bottom-up* é mais simples e é normalmente utilizada em projetos pequenos e que são desenvolvidos sob o modelo de ciclo de vida iterativo e incremental. Diferentemente da metodologia anterior, essa, parte do desenvolvimento dos *data marts* e faz a integração na medida que o desenvolvimento avança. A essência dessa abordagem está na etapa de projeto dos *data marts*, pois estes são desenvolvidos e centrados na modelagem dimensional.

A modelagem de um DW é diferente da modelagem de um banco de dados convencional, ela segue uma técnica chamada de Modelagem Dimensional, que permite uma melhor compreensão de um modelo de dados por nós seres humanos e que possibilita analisar os dados de N dimensões no formato de um "cubo". O grande diferencial do *data warehouse* é exatamente o uso da modelagem dimensional. É este modelo que lhe assegura suas vantagens, tais como sua melhor navegabilidade e seu ganho de performance (KIMBALL, 2002).

A estrutura dimensional modifica a ordem da distribuição de campos por entre as tabelas, permitindo uma formatação estrutural, mais voltada para muitos pontos de entrada específicos (as chamadas dimensões) e menos para os dados granulares entre si (os chamados fatos) (BARBIERI, 2011). As dimensões e os fatos são os dois tipos de tabela desse modelo.

As tabelas fato são compostas basicamente por colunas que remetem a tabelas do tipo dimensão. Utilizando da comparação com o modelo relacional, as tabelas fato são compostas por chaves estrangeiras que remetem as tabelas fato. Nas tabelas fato, estão os dados que descrevem os dados presentes nas tabelas fato.

Existem dois modelos de normalização dessas tabelas, o modelo estrela (*star schema) e o modelo floco de neve (Snowflake)*. No primeiro não existem vários níveis de profundidade nas dimensões, pois as dimensões estão ligadas somente às tabelas fato. Enquanto no segundo, as dimensões podem se relacionar entre si além de se relacionarem com as tabelas fato. Nele, nem todas as dimensões estão ligadas as tabelas fato. O modelo floco de neve não é muito recomendado porque diminui o desempenho do sistema de BI, devido a necessidade de muitas operações de junção entre as tabelas, porém nem todos os sistemas de BI podem ser convertidos no modelo estrela e, nesse caso, o modelo floco de neve é o que se aplica.

Para que seja feita a análise desses dados, é necessário utilizar ferramentas que utilizam modelos matemáticas e técnicas analíticas, como por exemplo ferramentas *OLAP (on-line analytical processing)*, sistemas de processamento analítico online, que permitem a criação de relatórios, a consulta de informações sob demanda e a análise de dados de forma dimensional e sob diferentes perspectivas, com diferentes combinações. A seguir detalha-se a ferramenta OLAP SpagoBI (SPAGOBI, 2014) que foi utilizada no estudo de caso do projeto BI TelecentrosBR temática deste artigo.

Ferramenta OLAP: SPAGOBI

O SpagoBI é a única plataforma de BI totalmente livre, isso se dá porque a empresa que apoia o seu desenvolvimento, a *Engineering Ingegneria Informática*, tem o foco na consultoria e não no produto, como os demais concorrentes. Devido a isso, o SpagoBI pode ser utilizado para fins comerciais sem que seja necessário pagar por isso, pois há apenas uma versão completa e livre para uso.

Outro diferencial do SpagoBI é a integração de ferramentas que ele proporciona, isto é, ele permite a utilização e o acoplamento de ferramentas externas para desenvolver os componentes de BI, permitindo ao desenvolvedor escolher a ferramenta que melhor lhe agrada e que melhor se aplica ao desenvolvimento daquele componente. Um exemplo é o desenvolvimento de gráficos e relatórios, que pode ser feito utilizando o *BIRT Reports* e *Jasper Reports*.

O SpagoBI foi desenvolvido na linguagem JAVA e é divido nos seguintes componentes:

- *Servidor*: É o componente principal da arquitetura. É nele que são disponibilizados e executados os documentos analíticos para visualização do usuário, onde estão as regras de segurança e onde é feita a pesquisa na base de dados.
- *Studio*: Só pode ser utilizado pelos usuários definidos como desenvolvedores e é nesse componente que são definidos os documentos analíticos a serem disponibilizados no servidor.
- *API/SDK*: A API é usada para ter acessos aos serviços do BI e o SDK é uma interface que permite a integração de novas ferramentas e o acesso à API.
- *Meta*: Armazena metadados (informações sobre os dados) e fornece informações sobre os dados gerenciados pelo BI.
- *Aplicativos*: É o aplicativo Web que dá acesso aos serviços de BI do servidor.

Ferramenta OLAP: PENTAHO

O Pentaho é uma ferramenta de BI de código aberto, porém não é totalmente livre como o SpagoBI. Possui três versões finais a *Community*, totalmente livre, porém com recursos limitados; a *Professional* e a *Enterprise*, versões pagas que possuem versão mobile e se diferenciam, entre outras coisas, pelo suporte a *Big Datas*.

Seus criadores tinham o intuito de desenvolver uma ferramenta que fosse capaz de desenvolver qualquer solução de BI, pois acreditavam que nenhuma das ferramentas existentes eram flexíveis o bastante. Para isso, utilizaram a linguagem JAVA e dividiram-na em duas partes: a *Pentaho BI Plataform*, que funciona como um servidor web, e o cliente desse servidor, onde são criados os conteúdos.

A *Pentaho BI Plataform*, por sua vez é dividida em:

- *Business Intelligence Server*, chamada de *Pentaho User Console* (PUC), que funciona como um servidor Web, onde estão o controle de acesso e a visualização e execução dos relatórios, por exemplo.
- *Pentaho Report Designer* (PRD), é o gerador de relatórios. Esse componente pode se conectar a qualquer base de dados e extrair delas dados para os relatórios. Pode ser utilizado separadamente ou através do servidor.
- *Pentaho Metadata Editor* (PME), permite o agrupamento de campos de tabelas para a criação de visões diferentes.
- *Pentaho Schema Workbench* (PSW), responsável pela geração dos cubos OLAP.
- *Pentaho Design Studio* (PDS), plugin para o Eclipse onde são implementadas as soluções de BI.
- *Pentaho Weka*, ambiente para Data Mining (Mineração de dados).
- *Pentaho Data Integration*, realiza a integração com o banco de dados e é responsável pelo processo de ETL.

ESTUDO DE CASO – BI PARA O MOODLE / TELECENTROSBR

O programa TelecentrosBR é uma iniciativa do Governo Federal para apoio aos espaços públicos e comunitários de inclusão digital. Este programa apoia os telecentros através de recursos de conexão com a Internet, computadores, bolsas de auxílio financeiro a jovens monitores, e formação de monitores bolsistas e não-bolsistas.

Este programa contempla uma ação de aperfeiçoamento em Ensino à Distância, visando formar monitores através do ambiente virtual de aprendizagem, para a disseminação de conhecimento nestes espaços, utilizando a plataforma moodle.

O projeto BI-TelecentrosBR é uma ferramenta para análise de forma dinâmica e em formato gráfico das informações geradas no processo de formação através de Ensino à Distância dos monitores dos telecentros. Esta ferramenta tem o objetivo de suprir a deficiência do moodle em disponibilizar dados para uma análise estratégica, tanto da parte administrativa quanto da pedagógica.

Informações importantes, como a distribuição demográfica dos alunos em um determinado curso, ou a quantidade de alunos por iniciativas – empresas ou entidades que financiam parte do curso oferecido – são informações relevantes para tomada de decisões por parte da gestão administrativa. Informações estas, que o moodle não proporciona.

Outra análise importante para os gestores, professores e tutores da parte pedagógica, é a visualização da frequência dos alunos, onde saber o comportamento histórico de quanto tempo os alunos estão sem acessar o moodle é crucial para o andamento do curso e o entendimento de como tomar ações antes que o aluno desista do curso, no moodle ficaria complicado fazer este mapeamento de informações, pois teria que buscar aluno por aluno, colocar os dados em uma planilha para fazer uma análise somente do momento em questão.

A análise das atividades realizadas pelos alunos é outra dificuldade enfrentada pela parte pedagógica. Assim como medir a frequência, medir o desempenho dos alunos pelas atividades realizadas é uma

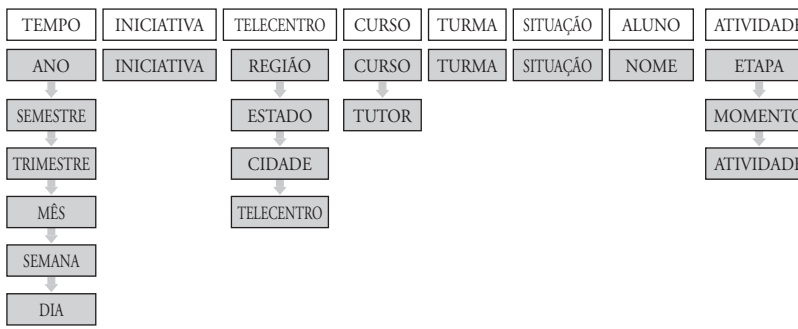
tarefa com um esforço significativo, se feita através do moodle. Porém muitas vezes professores e tutores têm que fazer uma análise de quais atividades não foram realizadas e cruzar estas informações com o comportamento da frequência do aluno.

As informações analíticas contidas no projeto BI-TelecentrosBR, estão divididas para dois tipos de perfil de usuários. O primeiro é uma visão administrativa do programa com interesse em informações sobre a penetração e quantitativo de monitores atendidos no programa. O segundo é focado em informações acadêmicas para os tutores e gestores acadêmicos do programa.

Através do projeto BI-TelecentrosBR as iniciativas, gestores administrativos e pedagógicos, professores e tutores podem acompanhar de forma mais efetiva a participação dos alunos nos cursos oferecidos no programa, compreendendo, por exemplo, padrões de comportamento que geram dificuldades de aprendizado ou desistência dos alunos.

A modelagem multidimensional do BI-TelecentrosBR foi feita com as seguintes dimensões e suas hierarquias (ver figura 1). Sendo a menor granularidade o último nível da hierarquia contemplando as dimensões: (dia, iniciativa (instituição que gerencia os monitores), telecentro (local de trabalho do monitor), tutor (pessoa responsável por ministrar as aulas no programa), turma, situação (se o monitor está ativo no programa), nome (nome do monitor), atividade).

Figura 1 – Dimensões do BI TelecentrosBR

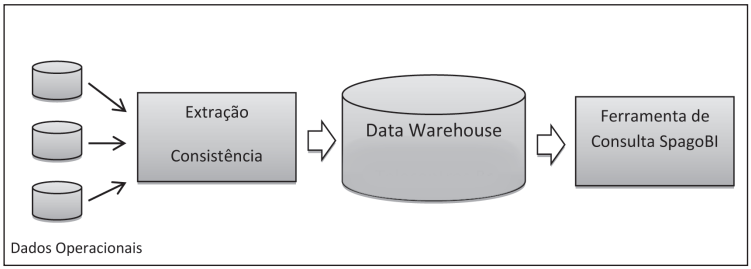


Fonte: Os autores

Os fatos dispostos na modelagem são a frequência de alunos no AVA e as notas das atividades realizadas.

A arquitetura do projeto BI-TelecentrosBR, apresentado na figura 2, demonstra que os dados de origem do moodle e de planilhas do excel, passaram pela extração, consistência e carga para o data *warehouse* e finaliza através das consultas analíticas dispostas em painéis de bordo desenvolvidos através do SpagoBI.

Figura 2 – Arquitetura do BI-TelecentrosBR



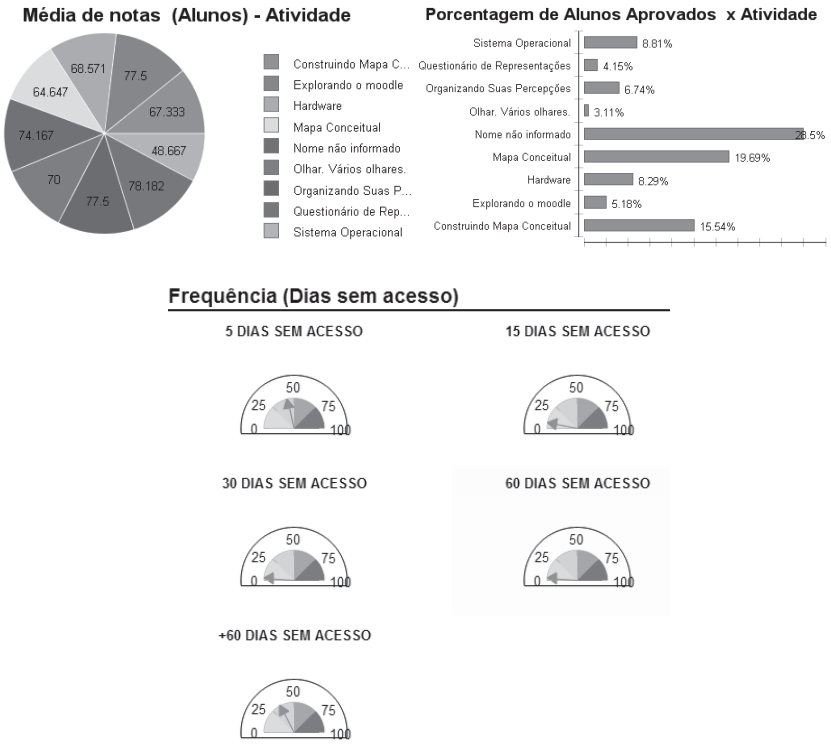
Fonte: Os autores

Painéis de bordo:

Neste tópico estão detalhados os painéis de bordo desenvolvidos com a ferramenta OLAP *SpagoBI*. Os painéis apresentam informações analíticas referentes a uma visão de acompanhamento do aluno. O objetivo é analisar a frequência e as atividades realizadas.

Os Gráficos apresentados na figura 3 compõem o painel de bordo pedagógico, retratam: A média dos alunos por atividade realizada em gráfico estilo pizza, a porcentagem dos alunos aprovados por atividade realizada em gráfico em barras e a frequência dos alunos no moodle, mostrando a quantidade de dias sem acesso através de indicador-chave de desempenho KPI (*Key Performance Indicator*) em um determinado período de tempo e em uma turma específica.

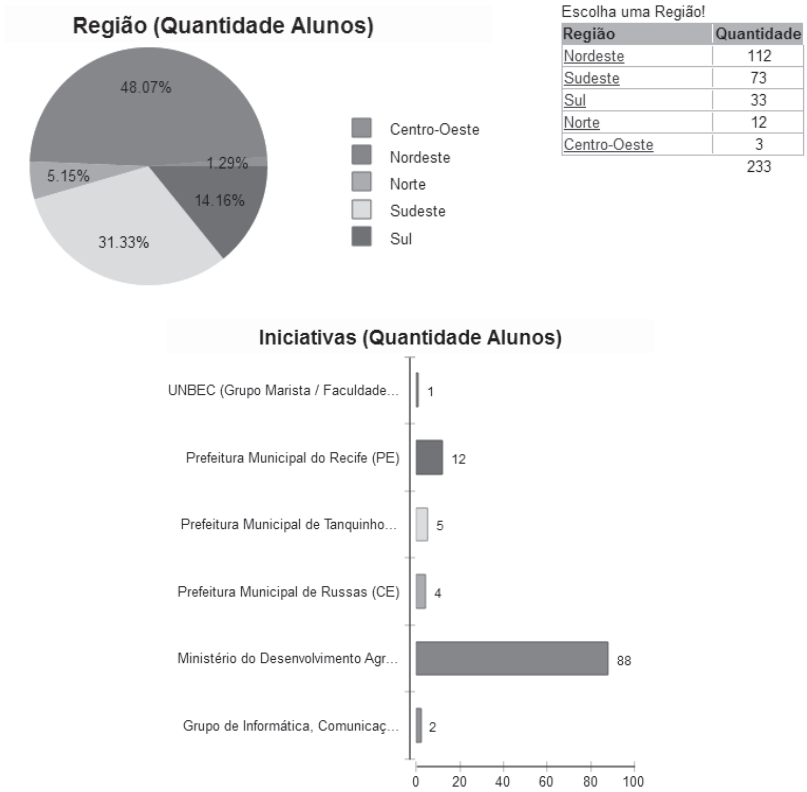
Figura 3 – Painel de bordo pedagógico



Fonte: Os autores

Gráficos que compõe o painel de bordo administrativo, mostrados na figura 4, retratam: A porcentagem de alunos distribuídos por região em gráfico tipo pizza, a quantidade de alunos em suas respectivas regiões, em tabela, e a quantidade de alunos por iniciativa em gráfico de barras. Esses dados passaram por filtros das dimensões tempo e turma.

Figura 4 – Painel de bordo administrativo



Fonte: Os autores

SPAGOBI-MOODLE – FERRAMENTA GENÉRICA

Através da experiência com o projeto BI-TelecentrosBR, gerou-se uma ferramenta genérica objetivando que outras instituições que usem o moodle como ambiente virtual de aprendizagem possam reutilizar todo o ferramental e os conceitos empacotados em um software denominado de *SpagoBI-Moodle*.

Para isso, foi suprimido deste software todo a especificidade existente no projeto BI-TelecentrosBR. O *SpagoBI-Moodle* é um software

desenvolvido sob os conceitos de BI, que tem por objetivo extrair dados da base de dados do moodle e, através deles, obter informações analíticas sobre o comportamento histórico dos alunos na realização das suas atividades e na frequência de interação dos conteúdos EAD.

Para o desenvolvimento desse software, foi escolhido o SpagoBI pois, entre outras coisas, é totalmente livre e dessa forma o componente ficaria mais completo, com informações mais precisas e devido a isso a instituição que vai utilizá-lo não precisará se preocupar com pagamento de licenças caso queira melhorar o seu componente.

Para o desenvolvimento do DW dessa ferramenta foi utilizada a metodologia proposta por Kimball, por ser mais simples, ter sido desenvolvida para projetos pequenos e demandar menos tempo para desenvolvimento. Os dados a serem extraídos do moodle pelo módulo de ETL foram definidos seguindo a ideia do projeto anterior, já que salvo as particularidades, os dados necessários para análise seriam os mesmos. Além disso, a técnica de modelagem dimensional utilizada para desenvolvimento do DW foi a *Star Schema*,

O SpagoBI-Moodle possui um extrator (ETL), responsável por obter os dados do moodle e carregá-los no DW, e dois painéis de bordo:

- **Painel de Bordo Administrativo:** Esse painel foi desenvolvido para apoiar os gestores da organização. Nele são feitas análises de informações administrativas, tais como:
  - ¤ Quantidade de alunos por região (Estado e Cidade)
  - ¤ Percentual de alunos aprovados nas atividades.
- **Painel de Bordo Acadêmico:** Esse painel visa apoiar professores e tutores na avaliação e no acompanhamento dos alunos, para isso são feitas as seguintes análises:
  - ¤ Grupo de alunos fizeram determinadas atividades.
  - ¤ Grupo de alunos que não fizeram determinadas atividades.
  - ¤ Frequência de acesso ao ambiente, avaliando o comportamento histórico de uso do moodle ao longo de um período.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho discorreu-se sobre a importância do uso de uma ferramenta de BI para gerar informações analíticas a partir de dados do sistema moodle.

É necessário que as organizações de ensino a distância tenham informações de forma fácil e rápida para o acompanhamento dos alunos, descobrindo assim peculiaridades importantes que o sistema moodle não provê, devido ao seu foco na operação da dinâmica EAD. Porém, para uma análise mais profunda da gestão e aprendizado são necessários recursos de ferramentas analíticas que desde a década de 70 vem beneficiando áreas como: gestão empresarial, saúde, comércio eletrônico, relacionamento com cliente, etc. Soluções de EAD convencionais tem uma filosofia de funcionamento que geram dificuldades para análise da assertividade do aprendizado e por consequência ampliam a desistência dos alunos nesta modalidade de ensino. Uma ferramenta de BI pode ajudar aos envolvidos com o EAD tomar decisões estratégicas com mais efetividade e velocidade.

O estudo de caso relatado neste trabalho apresenta a demanda do programa TelecentrosBR por obter dados para a gestão dos cursos oferecidos no programa. Como solução a esta necessidade foi desenvolvido o BI-TelecentrosBR que tornou possível o acompanhamento dos alunos matriculados em todo território nacional, com dados atualizados diariamente, informando aos gestores da parte administrativa e pedagógica do programa, dados estratégicos importantes para a tomada de decisões.

Um segundo passo foi criar uma ferramenta genérica de BI para o Moodle. Esta ferramenta acoplada no sistema moodle, faz a extração de dados e gera as informações importantes para auxiliar os gestores, professores e tutores; como o acompanhamento da frequência do aluno no ambiente e também medir o desempenho através das notas nas atividades aplicadas no curso.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Maria Elizabeth Bianconcini de. **Educação a distância na internet: abordagens e contribuições dos ambientes digitais de aprendizagem**. In: Educação e Pesquisa, v. 29, n.2, p. 327-340. São Paulo, jul./dez 2003.

BARBIERI, C. **BI2 – Business Intelligence: Modelagem & qualidade**. Rio de Janeiro: Campus, 2011.

DIAS, J. L. F. *Pentaho BI* – **Conhecendo a Plataforma, Arquitetura e Infraestrutura**. Disponível em: <http://www.devmedia.com.br/pentaho-bi-conhecendo-a-plataforma-arquitetura-e-infraestrutura/31502>. Acesso em: 29 de outubro de 2014.

GUBA, E.; LINCOLN, Y. **Competing paradigms in qualitative research, in Handbook of Qualitative Research**. Thousand Oaks: Sage. Applied Social Research Methods Series, 1994.

KIMBALL, R. **The Data Warehouse Toolkit: Guia Completo Para Modelagem Dimensional**. New York: John Wiley & Sons, 2002.

KIMBALL, R. *T***he Data Warehouse Lifecycle Toolkit: Expert Methods for Designing, Developing and Deploying Data Warehouses**. New York: John Wiley & Sons, 1998.

LACY, M. K. O'Brien de. **SpagoBI Plataforma BI livre e aberta**. In: Revista Espírito Livre, #15, p. 59 – 65, Junho 2010.

LOPES, Grimaldo. Fialho, Sérgio. **Limitações tecnológicas para a avaliação processual da aprendizagem em plataformas virtuais de EAD**. 4 Simpósio Hipertexto e Tecnologia na Educação. Comunidades e Aprendizagem em Rede. UFPE, 2011.

MERCADANTE, Aloizio. **Censo da Educação Superior 2012**. Disponível em: <http://download.inep. gov.br/educacao_basica/censo_escolar/resumos_tecnicos/apresentacao_coletiva_censo_superior_2012.pdf>. Acesso em: 23 de setembro de 2014.

PASCHOAL, J. P. **Modelo de Business Intelligence Para Pequenos Mercados**. Salvador, 2012.

SANTOS. Edméa Oliveira. **Ambientes virtuais de aprendizagem: por autorias livre, plurais e gratuitas**. In: Revista FAEBA, v. 12, nº. 18. Salvador, 2003.

SETZER, V. **Dado, Informação, Conhecimento e Competência**. In: Revista de Ciência da Informação, nº. zero. São Paulo, dez 1999.

SPAGOBI. **Ferramenta de Business Intelligence Open Source**. Disponível em:< http://www.spagobi.org/>. Acesso em: 01 de Dezembro de 2014.

TURBAN, E.; Sharda, R.; Aronson, J.E.; King, D. **Business Intelligence: Um enfoque gerencial para a inteligência do negócio**. São Paulo, 2009.

VERCELLIS, Carlo. **Business Intelligence: Data Mining and Optimization for Decision Making**. Padstow: TJ International, 2009.

REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL: O processo de implantação na Universidade do Estado da Bahia

André Luiz Souza Silva
Marcus Túlio de Freitas Pinheiro
Alice Fontes Ferreira

REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL: O processo de implantação na Universidade do Estado da Bahia

Na sociedade contemporânea tornou-se imprescindível administrar rápidas mudanças. As Instituições estão, cada vez mais, preocupando-se com a gestão das informações e conhecimentos produzidos por ela e pela sociedade. Em se tratando de Instituições de Ensino Superior, uma postura centrada no Conhecimento é fundamental, a qual perpassa por questões de Gestão e Difusão do Conhecimento, pois elas estão diretamente relacionadas com o desenvolvimento da comunidade acadêmica e, co-relacionalmente, da sociedade.

Ao avaliarmos *o termo "democratizar",* encontramos como significado[1] "dar constituição democrática a.", ou ainda, "converter às doutrinas democráticas" e "abraçar a democracia". Se buscarmos a significação da palavra "democracia[2]", encontraremos "governo em que o povo exerce a soberania, direta ou indiretamente", ou "o povo (em oposição à aristocracia)". Portanto, não temos dúvida que o conhecimento deve ser disponibilizado ao "povo", a todas as pessoas. Parece evidente a necessidade da popularização, uma espécie de vulgarização do conhecimento. Aparece também, a relação do conhecimento com o poder e a renda. Aqui, podemos pensar que a detenção de conhecimentos estão diretamente relacionada com a produção e socialização de poderes e, de alguma forma, com a renda do cidadão. Presumisse assim, que o conhecimento também está relacionado com o nível socioeconômico de quem o possui.

Em universidades, sobretudo universidades *multicampi*, com sede em diferentes cidades, gerir o conhecimento nela produzido e/ou

[1] "**Democratizar**", in Dicionário Priberam da Língua Portuguesa [em linha], 2008-2013, http://www.priberam.pt/dlpo/democratizar [consultado em 20-01-2015].

[2] "**Democracia**", in Dicionário Priberam da Língua Portuguesa [em linha], 2008 -2013, http://www.priberam.pt/dlpo/democracia [consultado em 20-01-2015].

articular as informações disponibilizadas em meios exteriores à instituição torna-se mais difícil do que o comum, aumentando, sensivelmente, a complexidade do seu gerenciamento, especialmente, se for considerado que o espaço acadêmico se consolida através da criatividade dos indivíduos no modo de fazer e inovar, da autonomia do pensamento e da diversidade. Assim, surgem inquietações expostas por Lima Junior *et al*. (2012, p. 43):

> [...] como pensar o instituir a gestão como efeito de uma racionalidade outra, calcada na pragmática e operacionalidade estético-expressiva, na qual o papel de cada sujeito, a partir de sua condição participativa e de autonomia, desempenha uma função fundamental? O que seria exatamente uma gestão que leve em consideração seu dinamismo interno de comunicação e também o conhecimento ou potencial intelectual como sua base estruturante? [...] como instituir a gestão com base na diferença e não na identidade? [...] Como pensar a gestão não como mero instrumento técnico-científico para as redes sociais, mas como uma rede, um dinamismo rizomático, um movimento instituinte ou mesmo um processo anárquico?

Nessa perspectiva, acredita-se que o avanço tecnológico trouxe mecanismos e ferramentas que, se bem utilizadas, podem potencializar o uso e o reuso dos conhecimentos sistematizados, ampliando a autonomia dos indivíduos e agregando valor a esses conhecimentos, beneficiando sua gestão. Pode-se ter como exemplo de instrumento tecnológico para a obtenção de tais benefícios o repositório institucional. Tal suporte tecnológico viabiliza o depósito digital da produção intelectual, científica, literária e cultural, em uma única plataforma, com acesso livre e gratuito. Esta ferramenta/tecnologia potencializa a preservação e disseminação dos saberes produzidos pela Instituição.

Num Estado Federativo, com dimensões continentais, como a Bahia, nos deparamos com contextos sociais e educacionais bem diferentes. Assim, uma Universidade *multicampi* como a Universidade do Estado da Bahia (UNEB), atuante em todas as regiões da Bahia, com sede na capital e em mais 23 municípios do recôncavo

e interior do Estado, é grande responsável pela interiorização do ensino superior na Bahia. Mas, para além disso, através de Programas Especiais e atividades extensionistas, a UNEB alcança cidadãos economicamente desfavorecidos, geograficamente distantes da capital e dos grandes polos baianos, atua junto a grupos indígenas, quilombolas, grupos da terceira idade, jovens e adultos em processo de letramento, obtendo uma abrangência em quase todos os municípios da Bahia. Portanto, gerir e difundir o conhecimento produzido na UNEB é, também, oportunizar que grupos desfavorecidos economicamente, socialmente e/ou geograficamente possam acessar saberes que, muitas vezes, estão distantes desses sujeitos, oportunizando o empoderamento desses indivíduos. Pois o conhecimento pode levar autonomia para o indivíduo, possibilitando a este sujeito a ação, configurando-se em um ambiente propício à geração de poder. Não o poder restritivo, punitivo. Mas o poder libertador, que induz à fala e à ação.

Dessa forma, o objetivo deste artigo é demonstrar uma das soluções encontradas pela UNEB para aprimorar a gestão e difusão do conhecimento produzido pela Universidade: a implantação do Repositório Institucional. Para tanto, será abordado questões sobre a gestão e difusão de conhecimento, repositório institucional desde seu conceito às questões estéticas da ferramenta, bem como a capacidade transformativa e de empoderamento dessa tecnologia.

MAPEANDO A UNEB

Fundada em 1983, a partir da reunião de diferentes Faculdades, sediadas em vários municípios baianos, a Universidade do Estado da Bahia, já nasceu com a estrutura *multicampi* e sede na capital e em municípios do interior da Bahia. Atualmente, a UNEB possui 29 (vinte e nove) Departamentos, distribuídos em 24 (vinte e quatro) municípios (ver Mapa 1). Em agosto/2014, a Secretaria Geral de Cursos (SGC) contabilizou cerca de 33.000 (trinta e três mil) estudantes vinculados a 139 (cento e trinta e nove) cursos de graduação na oferta contínua, com discentes matriculados, 213 (duzentos e

treze) cursos de Programas Especiais, 58 (cinquenta e oito) cursos de pós-graduação lato sensu, 14 (quatorze) cursos de pós-graduação *stricto sensu*, incluindo os mestrados profissionais e curso de doutoramento e doutoramento interinstitucional.

Mapa 1 – Localização dos *Campi* – UNEB

Fonte: Catálogo de cursos de graduação 2013-2014

Assim a UNEB se consolidou com uma Universidade *multicampi*, característica predominante desde a sua criação, existente em grande parte do território baiano, ofertando cursos de graduação, em diferentes modalidades a exemplo dos cursos de graduação de oferta contínua (licenciaturas e bacharelados), dos cursos de graduação ofertados através de Programas Especiais, presenciais e não presenciais. Oferta de cursos de pós-graduação *latu sensu* e *stricto sensu* e atividades de extensão. E, tem como finalidade:

> Gerar, disseminar e socializar o conhecimento em padrões elevados de qualidade; formar profissionais nas diferentes áreas do

> conhecimento [...] prestar serviços especializados à comunidade e estabelecer com esta uma relação de reciprocidade.
>
> (Catálogo dos cursos de graduação 2013-2014, p. 16).

Portanto, percebe-se que há uma preocupação da Universidade com a geração do conhecimento, com a articulação com a sociedade e, principalmente, com os princípios essenciais às Instituições Universitárias, como o desenvolvimento da ciência, a valorização do ensino, da pesquisa e da extensão e o desenvolvimento humano. Entretanto, identificou-se que as produções científicas, literárias, artísticas e culturais geradas pela Universidade, em suas diversas instâncias, níveis e formatos, estavam sendo disseminadas e socializadas de maneira incipiente, vez que os canais de disponibilização desta produção utilizados, até então, pela UNEB, possuíam limitações de alcance e incidência sobre a sociedade. Assim, tendo como, um dos, objetivo instrumentalizar a Gestão Universitária e a própria Comunidade Acadêmica para mapear o que se produz na Universidade, desenvolveu-se a proposta de implantação do Repositório Institucional da UNEB, de forma a obter, de maneira sistematizada, 'o quê', 'quem', 'onde' e o 'quanto' se produz na Instituição.

Obter informações, de maneira estruturada, sobre a produção científica e acadêmica da Universidade, bem como construir a memória institucional, foi apenas um dos objetivos dessa proposta. Pois, para além desse objetivo, intentou-se potencializar a gestão e difusão do conhecimento da Universidade, de forma a fomentar o uso, reuso, a apropriação, ratificação, ressignificação, ampliação e quantas possibilidades forem possível para utilização por parte da comunidade acadêmica e da sociedade.

SOBRE A GESTÃO E DIFUSÃO DO CONHECIMENTO

A gestão do conhecimento contribui para a compreensão de como recursos intangíveis podem constituir a base de uma estratégia competitiva e para a identificação dos ativos estratégicos que irão assegurar resultados superiores para a instituição no futuro.

Para abordar a Gestão do Conhecimento, é necessário compreender o conhecimento, bem como sua constituição. Segundo Abbagnano, "conhecer é uma operação de identificação que assume três formas principais, dependendo da maneira com que esta operação ocorreu: a criação que o sujeito faz do objeto, a consciência, e a linguagem".

Para Nonaka e Takeuchi (1997, p. 63), conhecimento é um processo humano dinâmico de justificar a crença pessoal com relação à "verdade". Assim, conhecer significa tornar semelhante o pensante e o pensado, Platão (*apud* ABBAGNANO). Levando em consideração a existência de dois tipos de conhecimento: tácito e explícito, temos o conhecimento que pode ser expresso em palavras e números, chamado de conhecimento explícito e o conhecimento tácito que é altamente pessoal e difícil de formalizar, o que dificulta sua transmissão e compartilhamento com outros, incluindo-se os *insights*, palpites subjetivos, emoções, valores ou ideais. (NONAKA; TAKEUCHI, 1997, p. 7).

Desta forma, para a efetiva constituição de um novo conhecimento, é necessário a interação entre conhecimento explícito e tácito, construindo uma dinâmica entre socialização, externalização, combinação e internalização do conhecimento (Figura 1). Em outras palavras a conversão do conhecimento tácito de um/uns em conhecimento tácito de outro/outros, chama-se de socialização, sendo esta um processo de compartilhamento de experiências, portanto, um processo retroalimentado. A conversão de conhecimento tácito em conhecimento explícito denomina-se externalização, como dizem Nonaka e Takeuchi (1997, p. 71), "[...] é um processo de criação do conhecimento perfeito na medida em que o conhecimento tácito se torna explícito."

Já a transformação do conhecimento explícito em um novo conhecimento explícito é a combinação, um processo de sistematização de conceitos em um sistema de conhecimento. E a internalização é o processo de incorporação do conhecimento explícito em conhecimento tácito.

Portanto, a criação do conhecimento humano permeia a interação social entre o conhecimento tácito e o conhecimento explícito e é desta

forma expandida, enriquecida, ampliada, ratificada, retificada, controlada, marginalizada, hegemonizada, enfim, gerida socialmente.

Figura 1 – Espiral do conhecimento

Fonte: Nonaka e Takeuchi (1997, p. 80).

Quando se trata de organizações de ensino, a função da organização no processo de criação do conhecimento ganha uma enorme dimensão, pois as universidades carregam consigo três princípios fundamentais: o ensino, a pesquisa e extensão

Neste sentido Nonaka e Takeuchi dizem que a função da organização no processo de criação do conhecimento organizacional é fornecer o contexto apropriado para facilitação das atividades em grupo e para criação e acúmulo de conhecimento em nível individual. Geralmente a produção do conhecimento científico ocorre nas universidades. Diante da produção de conhecimento em grande escala no contexto das universidades surge a necessidade da disseminação e uso do conhecimento gerado. Para tanto se faz necessária a implantação de mecanismo e condições capacitadoras à criação do conhecimento institucional e individual, nos processos relacionados com a produção, garantindo o uso. Neste sentido, Nonaka e Takeuchi (1997) destacam: a **intenção**, ou seja, capacidade organizacional em, adquirir, criar, acumular e explorar o conhecimento; a **autonomia**, permitindo que os indivíduos exerçam suas funções de modo que possam se autorizar conforme as

circunstâncias; a **flutuação e caos criativo**, os quais estimulam a interação entre a instituição e o ambiente externo, induzindo os membros à uma reflexão de suas atitudes em relação ao mundo, ajudando-os a criar novos conceitos; e a **variedade de requisitos**, ou seja, combinação de informações de uma forma diferente, flexível, rápida, com acesso à mais ampla gama de informações necessárias.

Sendo assim, para o sucesso dos mecanismos de Gestão do Conhecimento (G. C.), é indispensável o efetivo funcionamento do sistema de comunicação científica que Garvey e Grifith (1979 *apud* LEITE; COSTA) definem como:

> [...] o conjunto de todas as atividades que englobam a produção, disseminação e uso da informação desde o início do processo de criação científica, desde o princípio onde as ideias da pesquisa são geradas até o momento da aceitação dos resultados como parte do corpo de conhecimento científico.

Desta forma, o ambiente acadêmico constitui campo fértil para o estudo da gestão do conhecimento e a efetiva implementação, aprimoramento, transferência do conhecimento científico, criando novos conhecimentos, otimizando os recursos, o crescimento da instituição e o avanço da ciência.

Com o surgimento das tecnologias digitais a sociedade se reorganizou através de redes, reestruturando as organizações e as relações entre os indivíduos. As tecnologias digitais se estabeleceram como potencializadoras da disseminação do conhecimento, da informação e do entretenimento. Desta forma, os suportes digitais permitem, quase em tempo real, a transmissão, divulgação e socialização das informações. Outra benesse da tecnologia digital é a disponibilidade das informações num processo contínuo, favorecendo o acesso e respeitando o tempo conveniente ao indivíduo.

A organização através de redes está diretamente relacionada à condição criativa dos indivíduos, aos anseios e relações afetivas, econômicas e sociais, bem como a pluralidade do ser humano. Esta estrutura em redes equivale a um processo dinâmico de legitimação social,

oriundo de correlações de forças entre os agentes deste processo, quer seja coletivamente ou individualmente, ocasionando em novas configurações e significações, que, por sua vez, incidirá na transformação do contexto social.

Uma ferramenta, em crescente uso, para a disseminação de pesquisas e conhecimentos, tem sido a implantação de Repositórios Institucionais (RI), os quais permitem livre acesso à pesquisa propriamente dita, o que maximiza e acelera o impacto de tais pesquisas e consequentemente, sua produtividade, progresso e recompensas.

Ressalta-se a diversidade da tipologia do conteúdo e formatos que podem ser armazenados nos RI, tais como: artigos científicos, livros eletrônicos, capítulos de livros, teses, dissertações, entre outros. Assim, melhora a qualidade do ensino, do aprendizado e da pesquisa, através da melhoria do saber e da comunicação científica, disseminando o capital intelectual, aumentando a visibilidade da produção científica, além de assegurar a memória institucional.

REPOSITÓRIOS: POLÍTICAS INSTITUCIONAIS E ACESSO ABERTO

A partir do crescimento da internet e, cada vez mais, da utilização do ambiente virtual, a interação das pessoas modificou-se radicalmente, a forma de troca de informações também e, especialmente, modificou-se o jeito com que os indivíduos interagem com as informações. Atualmente, dispomos facilmente de informações do mundo inteiro. Sabemos dos acontecimentos globais quase que simultaneamente ao acontecimento dos fatos. Entretanto, se não organizarmos estas informações, os dados, por certo, se perderão e não poderão ser interpretados e, por consequência, não se transformarão em conhecimento. Por esta e dentre outras razões o meio acadêmico vem buscando a utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) para ampliar o acesso ao conhecimento.

Numa leitura de Abbagnano (2007) sobre as formas de governo, ele faz referência à democracia como “governo de muitos”. A partir

do entendimento de democracia como uma forma de governar para muitos e com muitos, pois "todo cidadão pode fazer o que quiser" Abbagnano (2007) e, desta forma, é parte integrante e atuante do governo. Ao pensarmos na democratização do saber, compreendemos que este termo carrega consigo a pretensão de levar o saber para todos indistintamente.

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) demonstram que, em 2011, cerca de 170.000 (cento e setenta mil) brasileiros com mais de 10 (dez) anos de idade tinha acesso à internet em suas residências. Se pensarmos que uma parte dos brasileiros, apesar de não possuir acesso à internet em casa, pode acessá-la no trabalho e/ou em estabelecimentos que prestam este tipo de serviço com *lan-houses,* teremos um número ainda maior de brasileiros com acesso à internet. Outra mudança importante é o número de pessoas que possuem dispositivos móveis com acesso à internet, como por exemplo, *smartphones e tablets*. Assim, ao fazermos uso de instrumentos digitais estamos possibilitando que um número considerável da população brasileira possa ser contemplado com as informações e conhecimentos sistematizados nessas ferramentas digitais.

Como abordado por ROSA (2011, p. 135), um dos primeiros repositórios que surgiu no mundo foi o *The Scholarly Journal Archive* (JSTOR), com uma proposta de repositório temático, com a finalidade de preservar, digitalmente, os periódicos científicos de algumas áreas específicas. Com esta mesma perspectiva, outros repositórios surgiram com a proposta de reunir documentos e produções de determinadas áreas e/ou temáticas. Mas, a partir deste movimento, sugiram propostas para reunir toda produção das Instituições numa única plataforma, deixando-a responsável pela gestão, divulgação e preservação de sua produção. Assim, surgiu o Repositório Institucional. Para Lynch, 2003, repositório institucional é:

> um conjunto de serviços que a universidade oferece para os membros de sua comunidade para a gestão e disseminação de materiais digitais criados pela instituição e seus membros da comunidade.

Ray Crow, *apud* Rosa (2011, p. 136), diz que, dentre outras finalidades, os repositórios institucionais tem por objetivos responder a duas questões estratégicas enfrentadas pelas instituições acadêmicas:

- Proporcionar um componente crítico na reforma do sistema de comunicação de trabalhos acadêmicos, um componente que amplia o acesso à pesquisa, reafirma controle sobre a bolsa de estudos pela academia, pois a concorrência aumenta e reduz o poder de monopólio dos periódicos científicos; e traz alívio econômico e relevância para as instituições e bibliotecas que os apoiam;
- Ter o potencial de servir como indicador tangível da qualidade de uma universidade e demonstrar a relevância científica, social e econômica das suas atividades de pesquisa, aumentando assim a visibilidade da instituição, seu *status* e valor público.

Desta forma, adotamos o uso do conceito proposto por Lynch, numa concepção macro, com a proposta de abrigar, preservar e difundir o conhecimento produzido pela Universidade e validado pelos pares. Para que se possa atingir as respostas das questões sinalizadas por Crow.

Leite (2003) diz que os repositórios institucionais visam o processo de aprimoramento de comunicação científica e exercem papel importante em duas questões fundamentais:

> Primeiro, no potencial que encerram como instrumentos de gestão da informação e do conhecimento produzido, disseminado e utilizado nas e pelas universidades e institutos de pesquisa [...] Segundo e consequentemente, uma melhoria do ensino, do aprendizado e da pesquisa.

Outro aspecto importante para se abordar é questão do acesso aberto. Desde 2001, com a Declaração de Iniciativa em Acesso Aberto Budapeste, começou-se a se discutir o entendimento e importância desta temática. O acesso aberto é a disponibilização de maneira

gratuita, sem qualquer restrição, que não seja de acesso à própria internet, mas com à exigência de atendimento às normas científicas e acadêmicas, às leis autorais e as devidas referências aos autores. O fato de disponibilizar a obra em acesso aberto, além de aumentar a visibilidade da publicação, do autor e da instituição a qual a obra está vinculada, também inibe, possíveis, plágios, pois a própria rede de difusão, a internet, permite novas maneiras, mais eficientes, para identificação de infrações às normas autorais. Nesse sentido, Leite também nos diz:

> O acesso aberto nesse contexto significa disponibilização pública na Internet, de forma a permitir a qualquer usuário a leitura, *download*, cópia, distribuição, impressão, busca ou criação de *links* para os textos completos dos artigos, bem como captura-los para indexação ou utilizá-los para qualquer outro propósito.

Em 2003 foi lançada a Declaração de Berlim sobre Acesso Livre ao Conhecimento nas Ciências e Humanidades[3], num Congresso da Sociedade de Max Planck[4], em Berlim. Nessa declaração, a qual foi inspirada pela Declaração de Iniciativa em Acesso Aberto Budapeste, abordou-se a nova possibilidade de difusão do conhecimento, por meio da internet. Demonstrando-se interesse na "promoção continuada do novo paradigma de acesso livre para obter o máximo proveito para a ciência e a sociedade." Ainda nessa declaração é definido acesso livre como "uma fonte universal do conhecimento humano e do património cultural que foi aprovada pela comunidade científica". É exposta ainda a preocupação com a sustentabilidade, interação e transparência da WEB. Afirmando-se que os conteúdos e ferramentas de software devem ser livremente acessíveis e compatíveis. Para os signatários, Berlim (2003):

> Idealmente, o estabelecimento do acesso livre como um procedimento vantajoso requer o empenho activo de todo e qualquer

[3] Versão portuguesa elaborada pelos Serviços de Documentação da Universidade do Minho URL: https://repositorium.sdum.uminho.pt/about/declaracao-berlim.html, acessada em 24/04/2015.

[4] Max Planck Society – Instituição de pesquisa científica, mundialmente conhecida, alemã e sem fins lucrativos.

> indivíduo que produza conhecimento científico ou seja detentor de patrimônio cultural. Contribuições em acesso livre incluem resultados de investigações científicas originais, dados não processados e metadados, fontes originais, representações digitais de materiais pictóricos e gráficos e material académico multimédia.

Assim, o movimento de acesso aberto, que tem como um de seus instrumentos, a utilização dos repositórios digitais, potencializa o amplo acesso à produção científica, criando condições para a utilização e reutilização dos conhecimentos produzidos e disseminados.

No Brasil, a primeira ação, nacionalmente reconhecida, em prol do Movimento de Acesso Aberto, ocorreu por meio do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), o qual elaborou um "Manifesto Brasileiro de Apoio ao Acesso Livre à Informação", lançado em meados de setembro/2005. Neste documento, baseado nos termos da Declaração de Berlim, admitiu a necessidade em aderir ao movimento mundial e estabelecer uma política nacional de acesso livre à informação científica. Para tanto, estabeleceu-se como objetivos: a promoção do registro da produção científica brasileira; a promoção da disseminação da produção científica brasileira; o estabelecimento de política nacional de acesso livre à informação científica e, buscar o apoio da comunidade científica em prol do acesso livre à informação cientifica. Ao final desse documento, o IBICT faz algumas recomendações às instituições acadêmicas brasileiras, aos pesquisadores/autores, às agências de fomento e às editoras comerciais e científicas, das quais destacaremos:

> É **imperativo** que as **instituições acadêmicas** brasileiras se comprometam a: 1. criar repositórios institucionais e temáticos, observando o paradigma do acesso livre; [...] é **primordial** que os **pesquisadores** (autores) [...] 2. Depositar, obrigatoriamente, em um repositório de acesso livre publicações que envolvam resultados de pesquisas financiadas com recursos públicos. [...] é **necessário** que as **agências de fomento**: [...] recomendem aos pesquisadores a quem concedem auxílio financeiro para suas pesquisas que depositem uma cópia dos resultados publicados em um repositório de acesso livre e/ou que publiquem prioritariamente em periódicos eletrônicos de acesso livre; [...] promovam e apoiem a cons-

> trução e manutenção de repositórios institucionais e temáticos; [...] é **imprescindível** que as **editoras comerciais** de publicações científicas: concordem que os trabalhos por elas publicados com autoria de pesquisadores que obtiveram recursos públicos para as suas pesquisas tenham uma cópia depositada em repositório de acesso livre; [...] é **recomendável** que as **editoras não comerciais**: tenham disponíveis uma versão eletrônica, em conformidade com o paradigma de acesso livre à informação, das publicações impressas por elas editadas. (IBICT, 2005)

Em 2006, por intermédio do IBICT, o Brasil foi incluído como signatário da Declaração de Berlim sobre Acesso Livre ao Conhecimento nas Ciências e Humanidades, o que reforça o compromisso com a instituição em estabelecer uma política nacional de acesso livre à informação. Entretanto, após 10 (dez) anos do lançamento do Manifesto Brasileiro de Apoio ao Acesso Livre à Informação Científica, avançamos em passos lentos. Apesar de contarmos mais de duas mil instituições de ensino superior, ainda não atingimos um número total de 90 (noventas) repositórios digitais em acesso aberto. No Estado da Bahia apenas 02 Universidades possuem repositório digital, em acesso aberto, a Universidade Federal da Bahia (UFBA) e a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)[5]. Não foi identificado, de maneira clara e direta, políticas das agências de fomentos para o apoio, construção e manutenção de repositórios institucionais e temáticos. Não identificamos também nenhum tipo de incentivo ou cobrança governamental para que as editoras comerciais de publicações científicas disponibilizassem obras oriundas de pesquisadores que tiveram apoio público em suas pesquisas.

O PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DA UNEB

O Projeto de Implantação do Repositório Institucional da UNEB foi viabilizado pelos autores do presente artigo, por meio de pesquisa desenvolvida junto ao Programa, *Stricto Sensu,* Gestão e Tecnologia aplicada à Educação (GESTEC), em nível de Mestrado. Ao se ini-

[5] Pesquisa realizada no OpenDoar, http://www.opendoar.org/countrylist.php?cContinent=South%20America, em 24/04/2015.

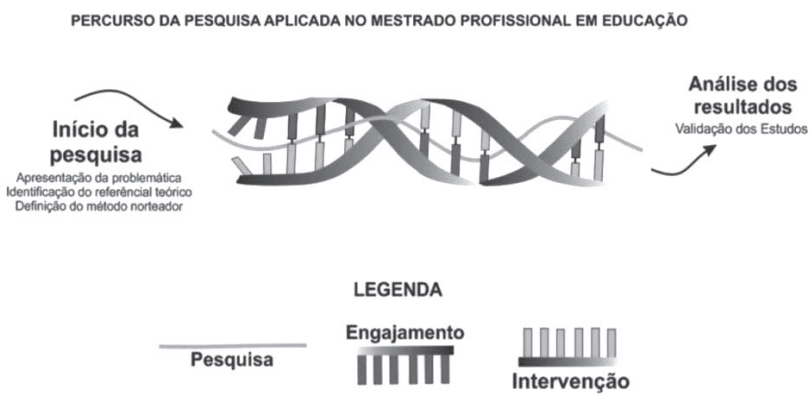
ciar a pesquisa percebeu-se algumas características muito próprias a essa pesquisa, indicando para a realização de uma Pesquisa Aplicada. Entretanto, apesar de ser perceptível nessa pesquisa características da Pesquisa-Ação, percebeu-se também que a implementação dessa proposta só ocorreria se houvesse a imersão no contexto abordado, o total envolvimento do pesquisador, o envolvimento de membros da comunidade e a interlocução do pesquisador com diferentes áreas e setores da Universidade, valendo-se sempre da teoria científica para direcionar suas ações. Assim, no fazer da pesquisa, construiu-se uma metodologia que denominamos Pesquisa Aplicada de Engajamento. Sobre o engajamento Tânia Hetkowski *et al* (2014), nos diz:

> O engajamento possibilita a interação dos conhecimentos científicos com os saberes empíricos, pois provoca, incita, forja, concebe a articulação do pesquisador com o pesquisado, num processo de imbricamento no 'fazer' da pesquisa. Engajar-se não é infiltrar-se, mas requer o conhecimento do contexto e do 'outro' e, para além disto, exige a participação efetiva do 'outro' – do pesquisado. É um processo de amadurecimento mútuo, pois o pesquisador influência o pesquisado, mas também e influenciado por ele. A ciência aprimora as práticas profissionais, mas que também é validada e ressignificada pelos saberes empírico. Não significa que os embates não acontecem ou que a pesquisa é um processo romântico, ao contrário: a imersão do pesquisador provoca conflitos, dissensos, contradições e afetos negativos, mas por outro lado provocam reflexões, diálogos, argumentações, estudos, ressignificações e entendimento dos problemas e das possíveis soluções para aquele contexto.
>
> Assim entende-se que a pesquisa aplicada de engajamento, provoca a reflexão sobre as questões abordadas, suscita o surgimento do 'novo', intervém cientificamente no contexto estudado e, especialmente, estimula o pesquisado a sair da acomodação, ampliando suas possibilidades de ações e atuações, seu campo de visão e suas potencialidades. (HETKOWSKI, VIANA E FERREIRA, 2014)

Assim, o engajamento não se refere às questões partidárias, nem à militância. Trata-se de uma questão política, mas em um sentido

amplo. A política numa perspectiva de processo humano. Pois a política acontece entre os homens. Nesse sentido, o engajamento tem haver com o comprometimento do pesquisador e dos pesquisados em prol da resolução do problema estudado ou, ao menos, em ações que possam atenuar os problemas abordados e/ou indicar possíveis caminhos para isto. Neste sentido, Hetkowski *et al*, 2014, demonstra graficamente, Figura 2, o imbricamento da pesquisa aplicada com o engajamento e as ações interventivas desencadeadas por ela.

Figura 2 – Percurso da pesquisa aplicada no mestrado profissional em educação



Fonte: HETKOWSKI, VIANA E FERREIRA, 2014.

No meio acadêmico, engajamento significa levar o pensamento à ação[6]. Assim, o pesquisador ao imergir no contexto e, após mapear a problemática do lócus, juntamente com os demais sujeitos participantes, irá identificar (pensar) possíveis soluções e/ou atenuantes aos problemas detectados e formas de levá-los à prática (ação).

A intervenção, nessa perspectiva, é o resultado da pesquisa científica (teórica) associada ao engajamento do pesquisador ao contexto

[6] PARADA, Maurício B. A.; FANTINATO, Manuela. Pensar para quê?: Diálogos entre Vílem Flusser e Hanna Arendt. R. Mest. Hist., Vassouras, v. 12, n1, p. 85-98, jan./jun., 2010.

estudado, à participação dos sujeitos envolvidos e da(s) proposta(s), viável (is), encontrada(s) pelo grupo. Em outras palavras, a pesquisa científica, neste caso, não se limita a reflexão teórica.

Assim, a partir dessa concepção e, alicerçados em pressupostos da Pesquisa-Ação, foi proposto pelos pesquisadores, autores do projeto, à Administração Central da UNEB a constituição de Grupo de Trabalho (GT)[7] com a finalidade de elaborar a proposta de implantação do Repositório Institucional da Universidade do Estado da Bahia, bem como desenvolver a versão inicial do ambiente virtual necessário a esta implantação.

Esse Grupo de Trabalho foi pensado numa perspectiva interdisciplinar, ou seja, diferentes saberes empregados para o alcance de um mesmo objetivo, com a participação de representantes de setores estratégicos para o desenvolvimento e implantação do Repositório Institucional. Desta forma o GT foi constituído com a participação do gerente de informática da Universidade, o então gerente de pós-graduação, a pesquisadora, autora da pesquisa e, também, representante da Editora Universitária, representante do Sistema de Bibliotecas da Universidade, um designer e um analista de sistema.

A pesquisa foi desenvolvida em duas etapas distintas: ações da pesquisadora no lócus de pesquisa, junto ao Grupo de Trabalho e à Comunidade Acadêmica; e ações da pesquisadora fora do lócus de pesquisa, com a realização de visitas técnicas em universidades do país e fora[8] dele para identificar caminhos possíveis para a implantação do Repositório Institucional. Portanto, os dados e informações coletadas, pela pesquisadora durante as visitas técnicas, foram levadas ao Grupo para subsidiar as discussões. Em uma das reuniões do GT, em específico, tivemos a participação de um convidado externo,

---

[7] Portarias nº 2747/2014, D.O.E 23 e 24/08/2014 e nº 3.388/2014, D.O.E 15/10/2014, com a finalidade de elaborar a proposta de implantação do Repositório Institucional da Universidade do Estado da Bahia, bem como desenvolver a versão inicial do ambiente virtual necessário à implantação.

[8] As Universidades visitadas/pesquisadas foram: Universidade Federal da Bahia (BA – Brasil); Universidade Federal do Rio Grande do Sul (RS- Brasil); Universidade Federal da Paraíba; Universidade Estadual de Campina Grande (PB – Brasil) e, Universidade do Minho (Braga – Portugal).

vinculado a outra Universidade, o qual abordou questões técnicas sobre o software utilizado pela sua Instituição, o DSpace.

O software adotado foi o *DSpace*, pois ele além de ser sugerido pelo Instituto Brasileiro de Informação, Ciência e Tecnologia (IBICT), também é o mais utilizado pelos repositórios digitais no Brasil e no Mundo, chegando a ser utilizado por 75% dos repositórios digitais na país. Portanto, esta escolha viabiliza a interação do Repositório com outros sistemas semelhantes, bem como a interação com motores de busca como o Google Acadêmico, devido ao uso de protocolo mundial para acesso aberto. Além dessas questões, este é um software livre com código aberto, o que permite que ele seja totalmente customizado, a partir das necessidades da Instituição.

O Grupo de Pesquisa ao iniciar as atividades voltou-se para discuti questões conceituais sobre a ferramenta. Dedicou-se, por um tempo considerável, para a escolha do software a ser adotado. Pensou a estrutura interna da plataforma. Desenvolveu – cuidadosamente – a identidade visual do Repositório Institucional. E, por fim, elaborou minutas de documentos normativos do Repositório, tais como a política de uso do repositório e termo de autorização para disponibilização das obras, para enviar às instâncias superiores da Universidade.

A estrutura interna definida para a plataforma está representada pela Figura 3. Também foi percebida a necessidade de criar um núcleo específico para administrar o Repositório Institucional, o qual deverá se articular com os diversos setores da Universidade que produzem e sistematizam o conhecimento, a exemplo dos cursos de graduação, cursos de pós-graduação, editora universitária e outros. A sugestão do grupo foi a vinculação desse núcleo ao Sistema de Bibliotecas da UNEB (SISB). Para tanto, elaborou-se alguns documentos necessários para a normatização do repositório institucional e implementação do núcleo sugerido: a política de uso do repositório institucional; lista de perguntas frequentes (uma espécie de tutorial que norteará o usuário para a utilização da ferramenta); termo de autorização para

disponibilização das obras em acesso aberto e gratuito e Regimento Interno para o Grupo Gestor do Repositório.

Figura 3 – Estrutura interna do Repositório Institucional/UNEB

Comunidade	Sub Comunidade	Coleção	Item
Campus	Departamento	Curso de Graduação	arquivo.pdf

Fonte: Os autores

Após a definição da estrutura interna e da elaboração das minutas documentos necessários, o GT voltou-se pensar as questões estéticas do Repositório. Assim, foi estudado um nome fantasia para utilização na plataforma virtual do Repositório Institucional da UNEB. Cores e logomarca do Repositório. Todos os resultados alcançados pelo Grupo foram apresentados à Administração Central e encaminhados para apreciação do setor jurídico e conselhos universitários, para, posterior, institucionalização.

A IMPORTÂNCIA ESTÉTICA PARA O USO DO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL

A questão de ordem estética[9] também foi levada em consideração na elaboração do Repositório Institucional da UNEB por entendermos que além dos conteúdos de interesse à comunidade acadêmica, a interface para o usuário precisaria ser amigável e visualmente agradável.

Neste sentido, e para tanto, a primeira medida tomada pelo GT foi pensar numa marca que pudesse ser facilmente identificada e que pudesse ter também uma aplicação tanto no meio digital, como também no meio impresso.

Para este feito um dos componentes do GT, que tem formação em

[9] A Estética é uma disciplina iniciada na Filosofia Grega e tem como o estudo a natureza do belo. Serve para a fundamentação da produção artística da humanidade desde os primórdios da Antiguidade com Platão e Aristóteles.

Design Gráfico, iniciou o trabalho de criação da marca. Este trabalho consistiu em, primeiramente, elaborar vários esboços que foram apresentados aos demais membros envolvidos no projeto do repositório, a fim de selecionar as ideias mais interessantes para a realização deste desafio. Figura 4.

Figura 4 – Anotações e esboços de Rodrigo Caiobi Yamashita para a marca do Repositório Institucional da UNEB

Fonte: Os autores

As ideias mais pregnantes[10] foram aquelas que se relacionaram simbolicamente com a árvore; a fonte de sabedoria, que remete as primeiras passagens bíblicas em que é citada a Árvore da Vida guardiã de segredos divinos, e também a Árvore Bodhi, símbolo da sabedoria

[10] Para Rudolf Arnheim (1992), pregnância significa a característica da percepção humana que, diante de uma configuração visual, é captada mais facilmente de forma simples, direta e equilibrada. A pregnância, portanto, garante a qualquer representação visual o principio da boa forma.

universal, segundo a cultura indiana.[11] Dadas estas inferências e na sequência, o designer elaborou uma proposta arte-finalizada composta com a parte gráfica e nominativa da marca. Figura 5.

Figura 5– Marca arte-finalizada em duas versões de assinatura

Fonte: Os autores

Segundo o Designer, Rodrigo Yamashita:

> A aprovação de tal identidade ocorreu, pois a marca representada pela árvore com leque de livros em sua copa faz alusão ao conteúdo das publicações do Repositório (livros, teses e demais publicações), vez que o livro simboliza o conhecimento. A árvore que está apoiada numa base (solo) que ali representa o alicerce do conhecimento da Instituição. Esta base está se desfragmentando/dissipando com a utilização de elementos que remetem ao mapa de *bits*. Elemento comum ao universo virtual. O círculo que envolve o símbolo alude para a relação entre a instituição, usuários e a interface do Repositório. Entretanto, este círculo não está completamente fechado, pois parte do símbolo no interior do círculo se constitui pelo mapa de bits, suscitando a ideia de incompletude, reconstrução, compartilhamento com o meio exterior. Portanto, relaciona-se ao nome escolhido e aprovado pelo grupo: SaberAberto – Repositório Institucional da Universidade do Estado da Bahia.

Em paralelo as discussões, elaboração e aprovação da marca, e tendo como possibilidades e limitações o sistema Dspace, partiu-se para a

[11] Na ocasião foram listadas também várias sugestões de nomes até se chegar na denominação SaberAberto, que foi apresentado, posteriormente, a Reitoria da Universidade para houvesse também aprovação.

organização do fluxo de informações levando em conta que a identidade visual deveria refletir a marca do repositório no que diz respeito as cores e a legibilidade[12] destes conteúdos.

Figura 6. *Home page*, **pela intranet, do repositório, com aplicação da marca, elaborado pelo desenvolvedores Aldo Melhor Barbosa e Bruno Leite**

Fonte: Os autores

Esta preocupação estética com o Repositório Institucional da UNEB é fruto de uma preocupação do GT em oferecer também um diferencial do ponto de vista da aparência das páginas, através de um estudo comparativo com similares de outras instituições de ensino superior.

[12] Legibilidade é a facilidade de ler imagens e textos. Especificamente na Tipografia, a legibilidade é tomada com a qualidade na construção do tipo (letras, números e outros caracteres) no que diz respeito a proporção entre os caracteres de uma mesma família tipográfica, assim como o espaçamento entre estes tipos, sua linha versal, sua linha de base, entre outros. (FARIAS, 2001)

Para esta pesquisa foram usados, para efeito comparativo de similares, o repositório institucional da UFBA: https://repositorio.ufba.br/ri/, e também o repositório institucional da UFRGS[13]: http://www.lume.ufrgs.br.

Foram observados neste estudo, dentre outros detalhes, a diagramação (arranjo dos elementos visuais e textuais no espaço da página) e se a identidade visual dos RI's eram consonantes com a identidade visual das respectivas instituições. Também, nesta pesquisa de similares constatou-se que, os conteúdos, por vezes, não eram encontrados facilmente, o que representava um problema de organização e fluxo das informações.

Além disso, os repositórios analisados eram pouco atrativos para o usuário do ponto de vista da aparência. [14]

Dentre os pontos fracos podemos destacar:

1. Má localização do campo de busca (UFBA);
2. Elementos visuais soltos no espaço da página (UFBA);
3. Falta de alinhamento entre os elementos visuais (UFBA);
4. Falta de uma opção para letra escalonável de modo a garantir acessibilidade de leitura ao usuário (UFBA);
5. Ausência de ícones para facilitar a navegação do usuário (UFBA e UFRGS).

Todavia, mesmo com tais problemas listados foram detectados alguns pontos fortes. Dentre eles podemos destacar:

1. Presença de marca identificadora no topo da home page (UFRGS);

[13] Entre outras ações neste sentido, foi realizada também visita técnica aos responsáveis do repositório institucional da UFRGS tendo Alice Fontes Ferreira, como representante do GT-UNEB, de modo a conhecer mais um pouco sobre as diretrizes institucionais que precederam a sua implantação, assim como a sua gestão acadêmica/administrativa.

[14] O estudo de similares (e/ou concorrentes) é uma prática comum no campo da Metodologia do Design para que, antes e durante o desenvolvimento de um projeto, possa ter parâmetros das soluções e das deficiências encontrados em trabalhos anteriores. (MUNARI, 2000)

2. Material de apoio (impresso) para explicar sobre o RI (UFRGS);
3. Uso de fotografias para contextualização da instituição (UFRGS);
4. Cor harmônica dos elementos gráficos com a cor predominante da marca (UFRGS).

Após a análise imanente e como diagnóstico, foi constatado que mesmo sabendo que o DSapce é um sistema de construção de repositórios que possui dificuldades de personalização, tais como, a localização livre dos objetos gráficos nas páginas, os componentes do GT insistirão neste ponto por acreditar que este investimento na visualidade do projeto reforça a filosofia institucional da UNEB em oferecer serviços *on-line* à comunidade acadêmica de qualidade e interesse.

Atualmente o repositório institucional da UNEB está em fase de ajustes finais para a sua implementação tão longo obtiver o último aval por parte da Reitoria, e também forem realizadas as adequações técnicas por parte da Gerência de Informática – GERINF, no que concerne aos servidores e rede de dados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o desdobramento da pesquisa percebeu-se que a implantação do Repositório Institucional da UNEB, além de possibilitar o alcance de benefícios já esperados, como a composição da memória institucional da Universidade, o aprimoramento da gestão dos conhecimentos sistematizados e validados pela "comunidade unebiana" (membros da UNEB) e uma ampliação na difusão do conhecimento da Instituição. A implementação do Repositório Institucional da UNEB, pode configurar-se como dispositivo capaz de ampliar a visibilidade da produção do corpo docente a ser apresentada aos estudantes para suas aproximações episte-metodológicas. Pode também se caracterizar como ferramenta de registro do percurso da produção estudantil durante o curso, que sirva de referência,

consulta ou gerenciamento deste processo formativo, que poderia balizar as nossas decisões tanto nos atos de currículo e sobre a práxis pedagógica universitária.

Essa plataforma tecnológica, assegura direitos autorais, cria condições para que os indivíduos, a sua escolha, possam se apropriar dos conhecimentos já produzidos, ampliando-os, re–ratificando – os, dentre tantas outras possibilidades. Para além disso, a implementação do Repositório Institucional da Universidade do Estado da Bahia, a qual atua em realidades adversas, pode vir a ser um canal potencializador para a emancipação dos sujeitos. Pois pode levar à reflexão, à apropiação de conhecimentos, à ressignificações, ao movimento, à fala, à ação consciente. Entretanto, estes benefícios não serão alcançados de maneira automática. É imprescindível a implicação da comunidade acadêmica. É necessário que no âmbito de cada Departamento e/ou setor envolvido, seja especificado responsabilidades quanto à entrada de documentos, quanto ao conteúdo e formato, quanto às revisões, quanto ao fluxo, quanto à seleção e quanto à assistência a quem se constitui com sua autoria. Entrançamento de poderes e saberes, que tende a autorizar novos poderes e novos saberes – autorias em instituições.

Nesse sentido, o apoio da Administração Central, desde o processo de implantação, é de fundamental importância. Sem este apoio a mobilização dos membros da comunidade acadêmica seria um processo árduo e extremante difícil. Articular, em um grupo de trabalho, representantes de setores e áreas diferentes para refletir sobre essas questões, seria um processo complexo que só poderia ocorrer na informalidade. A participação de sujeitos da comunidade, de diferentes categorias e representações, quer seja na atuação do grupo de trabalho, quer seja nas ações acadêmicas da pesquisadora, quer seja por meio de demonstração – espontânea – pelo interesse na implantação do Repositório Institucional, já dão pistas sobre o grau adesão que este dispositivo poderá atingir na Universidade. Salienta-se, que esta participação, voluntária, vez que, mesmo os participantes do grupo de trabalho, não obtiveram nenhum tipo estímulo, nem mes-

mo financeiro, foi crucial para o desenvolvimento do processo de implantação do Repositório Institucional da UNEB.

Assim, esse é um desafio a ser tecido com as cores fortes e suaves, em cinquenta, ou quinhentos tons autorais. Que é a diversidade unebiana – a sua produção.

REFERÊNCIAS

ABBAGANANO, Nicola. **Dicionário de filosofia**. Tradução Brasileira Alfredo Bossi. Revisão da tradução dos novos textos Ivone Castilho Benedetti. 5 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

ARISTÓTELES. **Poética**. São Paulo. Ed. Ars Poética. 1993.

ARNHEIM, Rudolf. **Arte e Percepção Visual – Uma Psicologia da Visão Criadora**. 7ª Ed. São Paulo: Pioneira, 1992.

BOAI – Budapest Open Access Initiative. Disponível em http://www.budapestopenaccessinitiative.org/, acessado em 20 fev. 2015.

CHERUBINI NETO, Reinaldo. **O que é conhecimento?** Sintetizando epistemologia, metodologia e teoria de sistemas em uma nova proposição**.** Disponível em: http://seer.ufrgs.br/index.php/read/article/view/46555 Acesso em: 20 set. 2009.

COSTA, Sely; LEITE, Fernando César Lima. **Repositórios institucionais como ferramentas de gestão do conhecimento científico no ambiente acadêmico**. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/pci/v11n2/v11n2a05.pdf Acesso em: 11 maio 2009.

DURASPACE. **About DSpace**. Disponível em http://www.dspace.org acessado em 24/04/2015.

FARIAS, Priscila. **Tipografia Digital**. 3ª Ed. 2AB: 2001.

HETKWOSKI, Tânia Maria; VIANA, Gilvania Clemente; FERREIRA, Alice Fontes. **Mestrado Profissional em Educação: construção de um percurso à Pesquisa Aplicada e de Intervenção.** In: Simpósio Internacional IHU Revoluções tecnocientíficas, culturas, indivíduos e sociedades. 14., 2014, São Leopoldo/RS.

INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Manifesto Brasileiro de Apoio ao Acesso Livre à Informação Científica**. Brasília, 2005. Disponível em http://livroaberto.ibict.br/docs/Manifesto.pdf, acessado em 18 fev. 2015.

LYNCH, Clifford A. ***Institutional Repositories: Essential Infrastructure For Scholarship In The Digital Age.*** *Libraries and the Academy*, volume 3, Number 2, 2003. Disponível em https://muse.jhu.edu/login?auth=0&type=summary&url=/journals/portal_libraries_and_the_academy/v003/3.2lynch.pdf, acessado em 18 fev. 2014.

MUNARI, Bruno. **Das Coisas Nascem Coisas**. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

NONAKA, I; TAKEUCHI, H. **Criação do conhecimento na empresa**: como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

PARADA, Mauricio B. A.; FANTINATO, Manuela. Pensar para quê?: Diálogos entre Vílem Flusser e Hannah Arendt. **Revista Mestrado em História.** v. 12, n. 1, p. 85-98, jan./jun., 2010. Disponível em http://www.uss.br/pages/revistas/revistaMestradoHistoria/v12n12010/pdf/06Pensar_para_que.pdf, acessado em 20 jan. 2015.

ROSA, Flávia Goulart Mota Garcia. **A Disseminação da Produção Científica da Universidade Federal da Bahia através da Implantação do seu Repositório Institucional. Uma política de acesso aberto**. 2011. Disponível em https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/3031/1/Tese%20Flavia.pdf

UFBA. Repositório Institucional. Disponível em: https://repositorio.ufba.br/ri/. Último Acesso em: 22 de maio de 2015.

UFRGS. Repositório Digital. Disponível em: http://www.lume.ufrgs.br Último Acesso em: 22 de maio de 2015.

UNIVERSITY OF NOTTINGHAM, UK. *OpenDoa*r – *Directory of Open Access Repositories*. Disponível em http://www.opendoar.org/index.html, acessado em 20/12/2014.

AVALIAÇÃO INSTITUCIONAL NA EDUCAÇÃO BÁSICA: Diálogos necessários na contemporaneidade

Cleide Pereira Oliveira

AVALIAÇÃO INSTITUCIONAL NA EDUCAÇÃO BÁSICA: Diálogos necessários na contemporaneidade

INTRODUÇÃO

Este capítulo evidencia a importância da prática da avaliação institucional nas escolas de Educação Básica. O objetivo geral da pesquisa foi avaliar a prática da avaliação institucional realizada na escola Municipal Cidade Vitória da Conquista nos últimos anos, identificando em que medida está contribuiu para o processo formativo e de autoconhecimento da instituição, a fim de propor orientações para disseminação de processos avaliativos em outras Unidades Escolares.

Será discutida, incialmente, a relevância da avaliação institucional como um instrumento de promoção da gestão democrática da escola, situando-a no contexto da educação brasileira e de Salvador; em seguida, serão apresentados alguns dados da pesquisa de campo e por final, os limites e as possibilidades para a prática da avaliação institucional identificadas a partir do estudo de caso.

A gestão democrática é um tema muito discutido por diversos autores, a exemplo de Libâneo (2001), Paro (2000) e imprescindível para que se processem mudanças na educação brasileira. O princípio da gestão democrática no ensino público está previsto na Constituição Federal do Brasil de 1988 e na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional de 1996, LDBEN 9.394/96.

A construção de um projeto de gestão democrática é um exercício que se faz no dia a dia da realidade escolar, compartilhando ideias, ações e soluções para problemas do cotidiano. De acordo com Puig *et al* (2005, p. 31), "uma escola democrática supõe colocar em prática um conjunto de atividades que impulsionem a participação". O

objeto de estudo deste artigo será a avaliação institucional interna da escola, ou seja, a autoavaliação desenvolvida pela escola municipal Cidade Vitória da Conquista, localizada no município de Salvador, Bahia. Iniciada em 2007, constitui-se até hoje como cultura da instituição. Avaliação institucional interna ou autoavaliação são termos utilizados para definir a avaliação realizada pelas instituições dos processos vivenciados em seu cotidiano.

A prática da avaliação institucional (autoavaliação) na educação básica brasileira na contemporaneidade, ainda não faz parte da realidade da maioria das escolas do país (BRANDALISE, 2010; LIMA 2011). Em outros países, a exemplo de Portugal de acordo com Alves e Correia (2008), a prática de autovaliação das escolas portuguesas1 é regulamentada desde 2002. Segundo Fernandes, (2002) a avaliação institucional na educação brasileira é tema recente. Há um reconhecimento dos teóricos, a exemplo de Lück (2012), Fernandes (2002) e Müller (2001) de que a avaliação institucional na Educação Básica contribui para melhorar a qualidade da educação. Para a compreensão do conceito de avaliação institucional, nos embasaremos em Araújo (2009, p. 100) quando afirma que essa avaliação é:

> Um instrumento de grande valia que pode ser construído e implantado por uma instituição de ensino para produzir um conhecimento da realidade, daquilo que se deseja, bem como do indesejável do interior da organização, no intuito de fornecer subsídios ao planejamento para a melhoria da qualidade.

Entretanto, é preciso uma maior visibilidade desta ação como uma prática necessária para mudanças significativas nos processos administrativos e pedagógicos vivenciados dentro do contexto escolar.

O projeto de Lei do Plano Nacional de Educação, decênio 2011 – 2020, no capítulo da Educação Infantil, meta 1 da estratégia 1.3 faz referência à avaliação nessa educação, no qual consta que se deve "avaliar a educação infantil com base em instrumentos nacionais, a

[1] O Ministério da Educação Português regulamentou a prática de avaliação das escolas através da Lei n.º 31/2002.

fim de aferir a infraestrutura física, o quadro de pessoal e os recursos pedagógicos e de acessibilidade empregados na creche e na pré-escola." (Projeto de Lei PNE, 2011-2020)

A partir da referência de avaliação, exposta no Projeto de Lei do Plano Nacional de Educação, nota-se que existe a preocupação com a inserção da prática da avaliação institucional na escola dedicada ao ensino básico, especificamente educação infantil, através do documento já existente, os *Indicadores da Qualidade na Educação Infantil*. Nenhuma referência sobre a avaliação institucional no ensino fundamental e médio foi localizada no documento, apesar dos estudos em avaliação indicarem a necessidade de inclusão desta ação no cotidiano das escolas. Um Plano Nacional de Educação, geralmente, é fruto de discussões que contemplam as demandas mais atuais em educação no sentido de promover transformações nas práticas e nos currículos educacionais. É espantoso, portanto, o fato de o projeto de Lei do Plano não fazer referência ao estímulo da prática da avaliação institucional no conjunto da educação básica, limitando – se a uma referência somente na educação infantil.

Já o Plano Municipal de Educação de Salvador, decênio 2010 -2020, faz referência à prática da avaliação institucional no capítulo do Ensino Superior, tópico 4.3 – dos objetivos e metas – quando cita que o Sistema Municipal de Educação deve:

> Implementar, no prazo de 2 (dois) anos de vigência deste Plano metodologia única de planejamento e avaliação institucional permanente em 20% das unidades escolares, atingindo 80% em dez anos, tendo como referência a experiência das IES nesse âmbito. (PME, 2010-2020, p. 64).

Assim, o Plano avança no sentido de projetar metas a serem atingidas em relação à adoção da avaliação institucional pelas unidades escolares ao longo do período da sua validade. Com estas referências, queremos mostrar que o tema da avaliação institucional está presente nestes documentos orientadores da educação nacional e em nível municipal, por isso também a relevância da abordagem do assunto.

O CAMINHO METODOLÓGICO PERCORRIDO

Para a realização da pesquisa, foi utilizada uma abordagem qualitativa do tipo pesquisa aplicada e a estratégia adotada foi o estudo de caso. A pesquisa aplicada em educação busca intervir na realidade pesquisada, propondo soluções, análises, produtos que venham a ajudar no desenvolvimento das instituições, projetos, comunidade, etc. Nesta pesquisa, foi avaliado a prática da avaliação institucional da escola, portanto, justificou-se a realização de uma meta-avaliação, uma avaliação da avaliação institucional, realizada na escola Municipal Cidade Vitória da Conquista, procurando entender o caminho metodológico/ teórico trilhado pela escola para institucionalização da autoavaliação. A meta-avaliação agrega valor ao objeto avaliado à medida que contribui para analisá-lo, descrevendo os pontos positivos e que precisam ser revistos do que está sendo avaliado, ou seja, validando a experiência e construindo possibilidades de novas intervenções no processo.

Como procedimentos metodológicos, utilizamos entrevistas, aplicação de questionários e a análise de documentos relativos às avaliações institucionais, realizadas na escola durante os anos de 2007 a 2012, o projeto político pedagógica da escola e documentos outros oriundos do Ministério da Educação e da Secretaria Municipal de Educação de Salvador.

Ainda no percurso metodológico, foram visitados sites de Secretarias Municipais e Estaduais de Educação de alguns estados brasileiros com o propósito de investigar se a prática da avaliação institucional interna é comumente realizada pelas escolas, Secretarias Estaduais ou Municipais de Educação do país. Nesse sentido, foram encontrados documentos sobre muitas práticas de avaliação externa, principalmente provas parecidas com as do Sistema de Avaliação da Educação Básica – SAEB[2], mas constatamos que a avaliação interna

[2] Reestruturado a partir de 2005 pela PORTARIA Nº 931, DE 21 DE MARÇO DE 2005 que passa a contar com dois processos de avaliações da Educação Básica: a Avaliação Nacional da Educação Básica – ANEB e a Avaliação Nacional do Rendimento Escolar – ANRESC. O ANEB é realizado por amostragem a cada dois anos para escolas dos sistemas de ensino público e particular e serve para

ainda é pouco divulgada nos sites das Secretarias de Educação e nas pesquisas acadêmicas. Para analisar os dados da pesquisa de campo nos apoiamos, principalmente, nos estudos de Lück (2012) porque a obra discute os princípios teóricos metodológicos para construção de um projeto de autoavaliação da escola.

A PRÁTICA DA AVALIAÇÃO NA EDUCAÇÃO BRASILEIRA

Quando pensamos em avaliação educacional brasileira, nos reportamos, incialmente, à questão da avaliação da aprendizagem. A avaliação educacional, segundo categorização de Freitas *et al* (2009 *apud* Dalben, 2010), contempla três modalidades: a da aprendizagem; a do sistema (avaliações externas: SAEB, ENEM[3], ENADE...) e a institucional.

Belloni (1999) pontua que a avaliação educacional (avaliação da aprendizagem e de currículos/ programas de ensino) e a avaliação institucional (avaliação de políticas, projetos e instituições) são ações distintas, mas complementares. A adoção de uma ou de outra definição de avaliação educacional neste artigo não impactará na discussão do tema proposto: a avaliação institucional.

A avaliação da aprendizagem na Educação Básica no Brasil é uma prática consolidada a partir da década de 90 com o SAEB. A utilização da Prova Brasil (alunos concluintes do 5º e 9º anos de escolarização) e da Provinha Brasil (alunos do 2º ano de escolarização) com a divulgação dos índices de desempenho obtidos pelas escolas, busca avaliar o ensino público brasileiro, contribuindo para melhorar a qualidade do ensino oferecido. São avaliações externas organizadas pelo Ministério da Educação através do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira – INEP. Ainda na edu-

formulação de políticas públicas na área da educação visando à melhoria da qualidade. O ANRESC é realizado em todas as escolas públicas do país de ensino fundamental e médio e visa avaliar a qualidade da educação oferecida em cada escola.

[3] Exame Nacional do Ensino Médio – instituído pela Portaria do Ministério da Educação Nº 438, de 28 de Maio de 1998.

cação básica, temos o Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM que visa avaliar os alunos concluintes do 3º ano e o ENCEJA – Exame Nacional para Certificação de Competências de Jovens e Adultos. Essas formas de avaliação externa são de larga escala e têm como objetivo principal elevar a qualidade da educação e nortear a criação de políticas públicas nesta área. Apesar deste objetivo, as avaliações da aprendizagem em larga escala são alvo de críticas por generalizar os resultados e não levar em consideração as especificidades das unidades escolares, homogeneizando-as. As avalições externas, juntamente com internas, (autoavaliação) servem de base para a realização da avaliação institucional. O cruzamento dos dados da realidade permite às instituições um olhar mais sistêmico e qualificado sobre suas ações, facilitando, assim, a tomada de decisões estratégicas que venham melhorar a qualidade dos serviços educacionais prestados à sociedade.

Moraes e Silva (2012, p. 4), quando discutem as avaliações externas, realizadas somente para classificação, ranking, abordam que "a transformação da escola não se faz de fora para dentro (e algumas vezes, nem no sentido inverso), mas numa conjunção tensa e negociada de elementos constitutivos de ambas as direções", ou seja, é a combinação dos elementos destacados nas avaliações externas e internas, que levarão à transformação da realidade institucional. Não basta somente medir, quantificar, os dados estatísticos externos devem ser confrontados com os dados das avalições internas, permitindo instrumentalizar a instituição na tomada de decisão que provoque mudanças qualitativas no seu universo educacional.

De acordo com Sousa (2011, p. 24), "ao desafio de um redirecionamento das finalidades a que vem servindo a avaliação da aprendizagem, soma-se o de implantar uma sistemática de avaliação da escola, para além da avaliação do aluno". Perceber a escola na sua totalidade é condição macro para o seu sucesso. A avaliação da aprendizagem precisa estar articulada com a avaliação da escola e do sistema. A visão fragmentada do todo não contribuirá para transformações no ambiente educativo, por isso é necessário compreender como a prá-

tica da avaliação institucional se insere atualmente no contexto da educação básica, buscando entender que caminhos já foram percorridos.

A prática da avaliação institucional teve origem nas Universidades Brasileiras, na década de 1980, num momento de crise social que pressionava por privatizações também neste setor. Surge, inicialmente, como mecanismo para legitimar estas instituições perante a sociedade, que questionava a qualidade destas. Esse processo avaliativo colaborou, também para a transparência na prestação de contas. Algumas experiências neste sentido aconteceram, mas demorou um pouco para que a comunidade científica aceitasse essa prática como válida nas Universidades.

Na década de 1990, estas discussões ganham visibilidade, agora relacionadas a questões como qualidade e autonomia das Universidades. A avaliação institucional torna-se "instrumento de melhoria e de construção da qualidade acadêmica" (BALZAN; DIAS SOBRINHO, 1995, p. 8). A discussão, a partir deste momento, foi sobre os princípios, estratégias e como desenvolver os processos dessa avaliação. A Universidade de Campinas – UNICAMP, foi pioneira na adoção desta prática que, aos poucos, foi institucionalizada em outras Universidades Brasileiras. A experiência dessa e de outras universidades, juntamente com a criação do Programa de Avaliação Institucional das Universidades Brasileiras – PAIUB (Documento Básico Avaliação das Universidades Brasileiras, 1993) colaboraram para a construção de um modelo de avaliação institucional para o ensino superior.

Desde 2004, temos a vigência do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior – SINAES[4] que na sua organização, também possui um componente de autoavaliação. O objetivo é avaliar as instituições de ensino superior em sua globalidade (instalações físicas, cursos...).

---

[4] Instituído pela Lei n° 10.861, de 14 de abril de 2004, é formado por três componentes principais: a avaliação das instituições, dos cursos e do desempenho dos estudantes (ENADE).

A prática da avaliação institucional na educação teve início no ensino superior a partir das avaliações realizadas nas Universidades. Com a sua crescente importância para a educação, ganhou visibilidade e chegou até a educação básica. Hoje, já existem alguns estudos sobre este assunto nas escolas e sistemas de ensino. A prática da avaliação institucional na educação básica brasileira não é uma ação comum, os estudos são recentes de acordo com Sousa (1999, apud Ribeiro e Pimenta, 2010, p. 95). Esta deveria ser desenvolvida em todas as escolas, mas o tema ainda não é visto como um referencial a ser utilizado para a promoção da qualidade na educação básica. Entretanto, não se pode culpar os educadores por tal ausência, porque muitos desconhecem o que seria esta ação; existe pouco entendimento no campo teórico e metodológico, colaborando, assim, para a não utilização desta prática de avaliação da escola.

EXPERIÊNCIAS COM AVALIAÇÃO INSTITUCIONAL NA EDUCAÇÃO BÁSICA BRASILEIRA

Apesar dos estudos sobre avaliação institucional na educação básica apontarem para a necessidade de maior base teórica e metodológica para desenvolvê-la, é imprescindível discutir algumas experiências que já ocorrem ou ocorreram na educação brasileira. A explanação breve visa apresentar o panorama da autoavaliação no cotidiano das escolas ou dos Sistemas de Ensino do país. Algumas destas experiências descrevem, de forma sucinta, o caminho metodológico empregado para realização da avaliação institucional nos Sistemas Estaduais ou Municipais de Ensino e nos espaços escolares. Estas poderão servir de suporte para o delineamento de modelos próprios de autoavaliação. Na Universidade, a partir da década de 1990, a autoavaliação permitiu que a comunidade acadêmica avaliasse as práticas desenvolvidas com o intuito de promover a qualidade na educação. Na educação básica, algumas Secretarias de Educação do país já possuem esta ação de avaliar a instituição incorporada na sua dinâmica pedagógica.

Como percurso, para compreender a dinâmica da prática das avaliações institucionais na educação básica, fizemos uma pesquisa bibliográfica em sites de Secretarias Municipais e Estaduais de Educação de alguns estados brasileiros, principalmente aquelas em que pesquisas acadêmicas já foram realizadas com o intuito de conhecer as práticas. Foram visitados os sites das Secretarias Estaduais e Municipais de Educação dos Estados do Ceará, Paraná, Piauí, Rio de Janeiro, São Paulo, Rio Grande do Sul e Minas Gerais. Vale salientar que as experiências de avaliação das Secretarias de Educação do Paraná, Teresina e Fortaleza foram objeto de pesquisas acadêmicas. Apesar de serem objeto de pesquisas acadêmicas, o site de algumas destas Secretarias não possuem um *link* que redirecione para a descrição da proposta de avaliação institucional, seja ela interna ou externa. A busca pela escolha de outras experiências nas diversas Secretarias foi orientada pelo desejo de investigar o processo de avaliação institucional nos grandes centros urbanos. Apresentaremos aqui, somente as experiências que possuíram propostas de autoavaliação, apesar da maioria das pesquisas indicarem experiências de avaliações externas.

No estado do Ceará, em 1996, foi criado o "AVALIE-CE" com a finalidade de promover a autoavaliação nas escolas. Apoiado, inicialmente, em dois princípios do PAIUB, a globalidade e a adesão voluntária, utilizou como instrumentos de coleta de dados: questionários, entrevistas e observações. Cada escola que participava da autoavaliação, após a aplicação dos instrumentos, deveria produzir um relato que comporia o relatório final da Secretaria de Educação. De acordo com o relatório da dissertação de Rodrigues (2009), a prática da avaliação institucional nas escolas de Fortaleza não acontece mais, contudo é preciso que exista uma reformulação do processo para que a legitimidade e adesão sejam garantidas. Segundo a autora, o processo de avaliação institucional precisa que o princípio da adesão seja respeitado sob pena de inviabilizar a prática da autoavaliação. Sem a participação ativa da comunidade escolar, é pouco provável que transformações qualitativas ocorram dentro do ambiente escolar.

De acordo com Gadotti (1999), em São Paulo, a prática da avaliação institucional está presente desde 1997 nas Normas Regimentais básicas para as escolas da rede estadual. Nos artigos 34, 35, 36 e 37 da referida norma, existe um conjunto de regulamentações que servem de orientação para execução dos procedimentos de avaliação institucional nas escolas estaduais paulistanas. No documento, a escola é responsável pela autoavaliação, ou seja, avaliação interna; enquanto que é de responsabilidade da Secretaria de Educação Estadual a avaliação externa. O cruzamento dos dados obtidos nas avaliações permitirá subsidiar o planejamento e replanejamento da Unidade Escolar. As Normas Regimentais delegam a própria unidade escolar a responsabilidade pela autoavaliação. Ação que prevê o planejamento e replanejamento através da retroalimentação do sistema escolar num movimento de ação reflexão ação.

No município paulista, existe o Núcleo de Avaliação Educacional, criado em 2006, tendo como uma de suas atribuições coordenar e supervisionar as ações de avaliação educacional, internas e externas, no âmbito da Secretaria Municipal de Educação. O núcleo faz parte do Sistema de Avaliação do Aproveitamento Escolar dos Alunos da Rede Municipal de São Paulo. A existência deste núcleo é importante, porque favorece a inserção da prática de avaliação institucional interna nas escolas municipais paulistanas; entretanto, no site, não há registros de autoavaliação realizada pelas escolas, o foco está centrado nas avaliações externas.

Gadotti (1999) destaca que na rede estadual de ensino de Minas Gerais, desde 1992, existe um Programa de Avaliação da Escola Pública, ação instituída na Constituição do Estado, no artigo 196, que visa contribuir para a tomada de decisão baseada em dados da realidade do sistema educacional. A avaliação institucional deveria ser desenvolvida pelos colegiados escolares como forma de comprometê-los no processo e possibilitar a continuidade da ação. Na visitação ao site da Secretaria de Educação nada é mencionado, somente o SIMAVE – Sistema Mineiro de Avaliação da Educação Pública, onde constam as avaliações externas realizadas pela secretaria.

No site da Secretaria Estadual de Educação do Paraná, encontramos um link que direcionava para a proposta de avaliação institucional, iniciada em 2004 e desenvolvida no período compreendido entre 2005 a 2006. Não apresenta, entretanto, como foi o processo nem se ainda há continuidade; por meio de pesquisa bibliográfica, constatou-se que a implantação do Programa de Avaliação Institucional da Educação Básica do Paraná ocorreu no período de 2004-2006. Como metodologia, foram encaminhados às escolas da rede estadual questionários de autoavaliação. Na etapa preparatória, houve a realização de oficinas regionalizadas com os diretores para mobilização e preparação para o programa. De acordo com Brandalise e Martins (2011), o programa teve o objetivo de "criar um movimento emancipatório, formativo e educativo, de complementação, aperfeiçoamento e articulação dos processos avaliativos praticados no sistema estadual da rede de educação básica". (Paraná, 2004, p. 22 *apud* BRANDALISE e MARTINS 2011, p. 442). Como produto, deveriam ser realizados planos de trabalho com base nos resultados apurados.

A Secretaria de Educação Estadual do Rio Grande do Sul possui uma ação de avaliação institucional, denominada **Sistema Estadual de Avaliação Participativa** – SEAP, proposta vigorando desde 2012. Esta ação visa articular toda a rede – escolas, coordenadorias regionais de educação e Secretaria de Educação – no processo avaliativo. Participam da avaliação: alunos, professores, gestores, coordenadores, servidores, equipes diretivas, pais ou responsáveis. A Secretaria de Educação Estadual do Rio Grande do Sul é a que mais detalha o processo de avaliação institucional. Apresenta o organograma do processo nas instâncias da Secretaria, Coordenadoria Regional da Educação e escolas, bem como os cadernos de avaliação de cada instância, que se assemelham à metodologia utilizada nos Indicadores de Qualidade na Educação. Realizado anualmente em duas etapas: na primeira, é feito o diagnóstico e na segunda é aplicada a avaliação institucional das dimensões. O objetivo desta avaliação é promover o diagnóstico da rede de ensino, qualificando as ações desenvolvidas

e intervindo na realidade a partir do envolvimento da comunidade escolar.

As pesquisas mostraram que já existe uma caminhada em direção à prática da avaliação institucional externa, ao contrário da avaliação interna (autoavaliação). É preciso considerar que o Brasil possui 26 estados e um Distrito Federal e que somente a análise dos grandes centros urbanos, com certeza, não descreverá esta realidade. Muitos municípios, provavelmente, nunca ouviram falar em avaliação institucional da escola. Portanto, é necessário avançar no sentido de tornar a prática da autoavaliação institucional uma realidade nas escolas brasileiras, somente assim, existirá a possibilidade de promover mudanças na educação. Dentre as experiências registradas, apenas a da Secretaria de Educação Estadual do Paraná e a do Rio Grande do Sul possuem propostas de avaliação institucional interna estruturadas no período pesquisado. É muito pouco para um processo avaliativo que se apresenta como necessário na dinâmica escolar neste século.

A EXPERIÊNCIA DA SECRETARIA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO DE SALVADOR COM AVALIAÇÃO INSTITUCIONAL

A maioria das escolas municipais de Salvador ainda não adotou a avaliação institucional como um mecanismo de participação na gestão. A autoavaliação possibilita a voz de todos os seus membros e comunidade, tornando-se uma ação imprescindível para a transformação da escola. O momento da avaliação precisa ser um ato de cumplicidade e coparticipação da equipe escolar na gestão. É importante que um número maior de escolas se apodere deste tema e avalie os processos administrativos e pedagógicos. Assim, a escola caminhará num sentido de promoção de mudanças, pois o trabalho coletivo estará em evidência.

Na rede municipal de ensino de Salvador, no ano de 2012, houve a tentativa da inserção do Índice Guia[5] como uma prática de avaliação

[5] Índice Guia – proposta de autoavaliação das escolas municipais de Salvador, instituída através da Lei

institucional interna. Este instrumento gerou desconforto na classe do magistério, principalmente entre os gestores escolares, porque, no ato de sua publicação, vinculava a gratificação de desempenho dos diretores à aplicação do guia. Na Lei Municipal 8.222/12, que dispõe sobre os vencimentos dos servidores efetivos do magistério municipal de Salvador, há a instituição do Índice Guia no artigo 5º quando se refere às características dos processos de organização da escola, no inciso III, da alínea f:

> A avaliação periódica bimestral do desempenho de cada professor, da equipe diretiva da escola e do próprio estabelecimento de ensino, com base no instrumento denominado de "Índice Guia", sendo os resultados dessas avaliações comunicados bimestralmente à SECULT. (Lei Municipal de Salvador nº 8.222/12)

Na rede municipal de ensino de Salvador, este sistema de avaliação pretendia ser uma autoavaliação das escolas, mas não logrou êxito em virtude de ser mais uma decisão de cima para baixo, não houve consulta a comunidade escolar. Nas discussões apresentadas até o momento, percebe-se que qualquer processo de avaliação institucional precisa de legitimidade perante a comunidade escolar, deve ser aceito e compreendido por todos. Nesta questão do Índice Guia, houve a discordância quanto aos seus princípios avaliativos, indicadores e os efetivos resultados desta prática para melhoria da qualidade dos serviços oferecidos por cada escola. Composto de duas partes, avaliava, num primeiro momento, o desempenho docente e num segundo momento, havia a avaliação da equipe diretiva. O grupo também avaliava aspectos da dinâmica escolar, que fugiam da sua responsabilidade e que dizem respeito à falta de estruturação do órgão central, no caso, a própria Secretaria, mas que contaria ponto no desempenho da U.E, por exemplo: a escola estava sem professor e mesmo assim o desempenho da turma estava sendo avaliado. Os educadores temiam que existisse, ao final do processo, uma política velada de premiação ou punição, tudo que uma prática de avaliação

nº 8.222/2012. Deveria ser realizada bimestralmente pela equipe escolar.

institucional não pode conceber, já que visa o autoconhecimento da instituição e, por conseguinte, mudanças nas práticas. A forma como o Índice Guia entrou na rede municipal de ensino de Salvador não agradou aos educadores que conseguiram, através de organização via Sindicato dos Professores, bem como do Fórum de Gestores[6], derrubar a aplicabilidade desta forma de avaliação nas escolas municipais propondo à SMED outra forma de avaliação da instituição, mas que desta vez conte com a participação da comunidade escolar na elaboração dos instrumentos avaliativos.

NOTAS INICIAIS SOBRE COMO COMEÇOU A EXPERIÊNCIA DE AVALIAÇÃO INSTITUCIONAL DA ESCOLA MUNICIPAL CIDADE VITÓRIA DA CONQUISTA

A primeira experiência de avaliação institucional da escola ocorreu a partir da prática pedagógica e aconteceu no final do ano letivo de 2007. A avaliação de 2007 não tinha como foco a autoavaliação da instituição como um todo, porque o entendimento da temática não fazia parte da realidade da escola naquele momento. O ato de avaliar a prática docente estava condizente com os estudos teóricos que realizamos ao longo da formação acadêmica, principalmente nos cursos de licenciatura. O instrumento utilizado foi feito em ½ folha de papel ofício (A4), onde constava uma frase sobre a importância da avaliação do processo educativo. As professoras deveriam registrar "seus pensamentos sobre o ano de 2007", sinalizando os aspectos relevantes e os que necessitavam melhorar.

Esta atividade avaliativa foi o ponta pé inicial para a prática de avaliação institucional da escola. O momento serviu para uma breve análise de aspectos que dificultaram e ajudaram o processo de ensino aprendizagem o que, provavelmente, contribuiu para a reelaboração do planejamento do ano seguinte. A partir desta ação, a escola

[6] Fórum de Gestores – movimento organizado pelos/as gestores/as das escolas municipais de Salvador com o intuito de discutir a educação da rede de ensino de Salvador, propondo junto a Secretaria de Educação de Salvador e Sindicato de Professores melhorias para o processo educacional.

caminhou no sentido de estruturação de um modelo de avaliação institucional, que se tornaria uma ação contínua, onde acertos e desacertos fizeram parte da caminhada, principalmente em relação aos instrumentos de avaliação.

ANALISANDO ALGUNS DADOS DA PESQUISA DE CAMPO

Para a realização da pesquisa de campo a equipe escolar foi dividida em dois grupos de investigação: aqueles que responderiam ao Questionário Modelo 1 e aqueles que responderiam ao Questionário Modelo 2. O segundo modelo foi aplicado aos funcionários com mais tempo de vivência no processo, neste modelo participaram 13 funcionários. Estes questionários foram aplicados pela própria pesquisadora o que permitiu o desenvolvimento de diálogos com os respondentes e perceber reações, sentimentos e disposições em relação ao processo de avaliação institucional na escola. O Questionário Modelo 1, foi distribuído a 18 funcionários, sendo preenchido sem intervenção da pesquisadora. Um total de 31 pessoas prestaram informações, que incluíam questões relacionadas com os seguintes temas:

1. Conhecimento do assunto (avaliação institucional);
2. Concepção de avaliação institucional;
3. Avaliando a experiência da escola no processo de avaliação institucional;
4. Grau de satisfação;
5. Contribuições para o processo.

Neste capítulo não será possível trazer todas as análises da pesquisa de campo em relação aos itens avaliados, mas é relevante discutir um deles. No quadro 1 são apresentadas algumas contribuições dos entrevistados sobre o que é preciso fazer para melhorar o processo de autoavaliação da escola.

QUADRO 1 – Respostas para a questão: O que você acha que deve ser feito para melhorar a prática da avaliação institucional da escola?

RESPOSTAS
Os planos de ações elaborados devem ser socializados, se possível criar em local visível um mural com calendário e resoluções. O tempo utilizado para realizar a avaliação é curto, ou está "misturado" com outras atividades.
Que o momento seja propicio a discussões e opiniões, que todos possam falar e cobrar resultados, soluções, dar ideias.
Organizar momentos para garantir a participação de representantes dos segmentos da escola na avaliação institucional, desde a elaboração dos seus instrumentos, oportunizando assim discussões acerca dos seus aspectos administrativos e pedagógicos.
Disponibilizar um momento exclusivo para a aplicação e também análise coletiva dos resultados, discutindo e ouvindo o grupo por segmento. Promover a formação em serviço com base nas ameaças identificadas pelo grupo, como também valorizar as forças sinalizadas.
Melhorar os instrumentos de avaliação, mudar a metodologia, não ser só questionários, trabalhar em grupo.
Deveria ter uma pessoa disponível para orientar os grupos, ou uma pessoa na hora do preenchimento dos instrumentos. Muitos marcam de qualquer jeito sem saber o que está fazendo.

Fonte: Pesquisa de campo realizada em 17/06/2013

Nas respostas apresentadas pode-se ver que o processo de avaliação institucional da unidade escolar já possui legitimidade perante o grupo e tornou-se uma cultura da instituição. Um dos profissionais propõe novas formas de realizar o processo avaliativo. Ao longo desse tempo, a metodologia utilizada foi a aplicação de questionários respondidos individualmente, somente a partir do ano de 2012 é que foram revistos os procedimentos metodológicos em virtude das leituras realizadas pelo grupo.

Os momentos de discussão dos instrumentos, resultados e de elaboração de propostas de ação também está sendo de uma maneira geral valorizados pelo grupo. Também foram feitas referências a uma maior participação do grupo no processo. O planejamento participa-

tivo pode resolver muitos dos problemas expostos na análise da prática de avaliação institucional desenvolvida pela escola. Entretanto, é preciso considerar que "O planejamento participativo precisa para ser adotado, de uma vontade pela sua realização, necessita ser provocado, estimulado, vivido e aprendido pela comunidade escolar" (MÜLLER, 2001, p. 73). Cabe agora a Escola Municipal Cidade Vitória da Conquista trilhar o caminho do planejamento participativo, buscando elementos para entendê-lo, compreendendo em que pressupostos se assentam para, posteriormente, aplicá-lo na prática.

IDENTIFICANDO OS LIMITES E AS POSSIBILIDADES DA PRÁTICA DA AVALIAÇÃO INSTITUCIONAL NA EDUCAÇÃO BÁSICA

A partir de todo o material produzido, ao longo da pesquisa, foi possível evidenciar os limites e as possibilidades para inserção da prática da avaliação institucional na escola. Discorrer sobre os fatores que limitam e tornam possíveis a autoavaliação das escolas é fundamental para colocá-la na pauta das discussões das instituições escolares. A seguir, serão apresentadas algumas limitações e possibilidades que foram evidenciadas a partir do olhar da pesquisadora para o seu objeto de pesquisa.

O primeiro passo para a inserção da avaliação institucional no cotidiano escolar é realizar um trabalho de base com a comunidade para que todos compreendam que a autoavaliação é importante para o autoconhecimento da instituição e para a promoção da qualidade educacional. A todo o momento, os indivíduos estão envolvidos em processo de avaliação e autoavaliação em suas vidas. Exercitá-la no ambiente escolar é só uma extensão do que é feito diariamente. Na escola, a prática de avaliar, na maioria das vezes, está restrita ao desempenho escolar dos alunos e algumas vezes ao desempenho docente para certificações; ainda assim, persistem preconceitos em relação ao ato de avaliar. Portanto, o ***primeiro limite*** à prática da avaliação institucional nas escolas é a falta de uma cultura de avaliação do

ambiente escolar, onde a globalidade da instituição é percebida em toda sua essência.

O ***segundo limite*** diz respeito a pouca informação sobre a autoavaliação das escolas. Esta limitação contribui para que as unidades de ensino não desenvolvam a ação. Apesar de ser realizada há bastante tempo nas Universidades Brasileiras, nas escolas da educação básica a avaliação ainda é incipiente. Algumas Secretarias de Educação estimulam esta prática, porém é necessário mais mobilização e articulação para que a avaliação institucional se consolide como uma política pública na área de educação. Os conhecimentos teóricos e metodológicos são essenciais para que a autoavaliação aconteça de maneira eficiente, desempenhando o papel de transformação do ambiente escolar. Entender os objetivos e princípios da avaliação institucional é imprescindível para a construção de projetos institucionais de avaliação da escola.

O exercício da prática não orientada por aportes teóricos e metodológicos se constitui como o ***terceiro limite*** à prática da avaliação institucional nas escolas, já que a inexistência de uma teoria que fundadamente a prática pode contribuir para desmotivação da comunidade escolar e descrédito da ação. Na elaboração dos instrumentos de avaliação, que é um dos pontos críticos da prática da avaliação institucional, deve-se observar que dimensões serão avaliadas e que pressupostos serão assumidos, por isso apropriar-se dos conhecimentos metodológicos se faz necessário.

Para Messina (2001) "a mudança imposta produz ambivalência e dificuldade para compartilhar o sentido da ação, e o pressuposto é que o sentido da mudança deve ser compartilhado pelo grupo que está participando". Para assegurar a mudança, a proposta de avaliação institucional precisa ser compartilhada pelo grupo. Assim, o ***quarto limite*** em relação à inserção da autoavaliação no cotidiano escolar refere-se à legitimidade e a participação. Nenhuma proposta de autoavaliação deve ser construída sem a participação da comunidade escolar, ou seja, o grupo precisa participar e legitimar a ação avaliati-

va, se não existe legitimidade, não existe participação, portanto, não existe projeto coletivo.

O ***quinto limite*** é a necessidade de atribuir função e papéis à prática da avaliação institucional. Deve-se evitar a sua utilização como instrumento de punição ou premiação das instituições escolares. Nas visitas eletrônicas aos sites de algumas Secretarias de Educação do país percebeu-se a utilização da avaliação para premiação das escolas. Esta ação implica em estabelecer um sistema de meritocracia que não é bom para nenhum desenvolvimento institucional. Dias Sobrinho (1995) e Lück (2012) destacam que o processo de avaliação institucional não deve servir para punição ou premiação da instituição. Ristoff (1995) destaca que:

> Há na avaliação uma função educativa que, em muito, sobrepuja no mérito a dualidade do crime e do castigo. É esta função educativa que nos conduzirá ao processo de instalação da cultura da avaliação – um processo que é penoso e lento porque se inscreve não no vazio, ou numa página em branco, mas em uma história existente, em uma realidade, em um contexto cultural que o antecede e o qual pretendemos reescrever (RISTOFF, 1995, p. 47).

A avaliação institucional precisa ser vista como um instrumento que pode promover o autoconhecimento e mudanças no espaço escolar. O trecho da obra de Ristoff (1995), assim, como a de outros autores, indica que não existem somente limitações em relação ao desenvolvimento da avaliação institucional nas escolas, cabe nesta discussão inserir algumas considerações sobre possibilidades. Libâneo (2001) aborda a importância da cultura organizacional, pois esta reflete as dinâmicas e peculiaridades de cada escola, distinguindo-as de outras. Portanto, um projeto de avaliação institucional não servirá exatamente para outra escola, mas poderá fornecer caminhos para elaboração de modelos próprios, que não são estáticos, mudam no tempo e no espaço de acordo com cada realidade. Sousa (2011, p. 24) afirma a importância da construção de um modelo de avaliação institucional de acordo com a realidade dos espaços escolares. Para ele:

> Não é possível pensar em um único modelo de avaliação que atenda a todas as escolas, porque para que ele ganhe significado institucional, precisa responder ao projeto educacional e social em curso. Portanto, cada escola ou rede de ensino irá construir a sua proposta de avaliação, a partir de um processo dialógico e negociação de intenções, propósitos e alternativas de ação.

A avaliação institucional não é um pacote pronto, não existe receita para desenvolvê-la, portanto, a ***primeira possibilidade*** a destacar aqui é a da liberdade e da autonomia de construção do projeto de autoavaliação da escola. Por não ser um pacote fechado permite experimentações, adaptações às realidades educacionais. Os educadores constantemente reclamam de propostas construídas de cima para baixo. Lück (2012, p. 60) reflete que:

> A avaliação institucional, para ser efetiva, não deve estar centrada em modelos prontos que sejam empregados de forma contínua e imutável. Cada escola à luz de conceitos e princípios norteadores deve adotar o discernimento necessário para formular seu programa de autoexame em caráter flexível, delineando o conjunto de elementos que fazem parte de sua política de desenvolvimento e melhoria de maneira a comportar contínuos ajustamentos.

Uma das possibilidades é que o projeto de avaliação institucional não é um projeto acabado está em permanente construção. A palavra é mudar sempre, refazer o caminho sempre que algo está em desacordo no processo. Considera-se que as experimentações são parte do aprendizado. O projeto é inacabado e precisará de revisão a todo o momento.

A ***segunda possibilidade*** que destaco é a oportunidade de vivenciar um planejamento participativo. A participação no planejamento da proposta de avaliação institucional agrega valor à prática, já que o mesmo foi vivido pela comunidade escolar. Müller (2001) ressalta que:

> A possibilidade de ser usado o instrumento da avaliação institucional interna exige um preparo maior dos professores, não como tarefa de uma pessoa só, mas sim, de um conjunto de pes-

> soas, e isso obriga a uma abertura maior da escola para relacionar-se com toda a comunidade escolar. (MÜLLER 2001 p. 17)

Para realização do planejamento participativo é preciso dialogar com a comunidade escolar. A escola precisa incluir a participação da comunidade escolar no processo de avaliação institucional. O planejamento participativo distribui responsabilidade sobre o espaço escolar, entretanto, é necessário entender os aspectos teóricos e metodológicos desta ação.

A ***terceira possibilidade*** em relação ao desenvolvimento da autoavaliação na escola é que ela permitirá o exercício da gestão democrática. Exercitá-la em sua plenitude pode ser real através do instrumento da avaliação institucional, já que todos os estudos da prática da avaliação institucional conduzem à participação em todos os sentidos – participação na construção, participação na execução, enfim é um processo participativo.

A ***quarta possibilidade*** se concentra num desenvolvimento de um processo de autocrítica pelas instituições escolares. No Documento Básico Avaliação das Universidades Brasileiras (1993) destaca-se que um dos objetivos da prática de avaliação institucional é impulsionar a autocrítica das instituições. É preciso avaliar as práticas que são concebidas dentro das organizações escolares, sem avaliar é impossível imprimir mudanças no cotidiano escolar.

A ***quinta possibilidade*** vai evidenciar o processo formativo da equipe que se instaura a partir da vivência da avaliação institucional. O processo formativo permite autoconhecimento e revisão dos modos de atuação. De acordo com Lück (2012):

> Não se avalia por avaliar, avalia-se para compreender; não se avalia para descrever, mas para fundamentar uma ação mais competente; não se avalia para simplesmente julgar, mas se avalia para promover avanços, melhoria e desenvolvimento. (LUCK, 2012, p. 90)

Os limites e as possibilidades da avaliação institucional se entrelaçam com os fundamentos teóricos metodológicos a serem observados na

construção do projeto. Os aqui citados não esgotam a questão. Limites e possibilidades estão relacionados com características da realidade a ser avaliada, podendo variar em tipo, intensidade e qualidade. Com a discussão sobre as limitações e possibilidades deseja-se promover o debate acerca desta nova realidade que precisa adentrar as escolas de educação básica.

A TÍTULO DE CONCLUSÃO: AVALIAÇÃO INSTITUCIONAL DA ESCOLA UMA REALIDADE POSSÍVEL

A pesquisa foi concluída com muitas constatações decorrentes da análise da prática da avaliação institucional desenvolvida na Escola Municipal Cidade Vitória da Conquista. Para além da avaliação do processo vivenciado na escola, o estudo realizado possibilitou perceber o quanto a prática da avaliação institucional é fundamental no ambiente escolar. Através dela, é possível avaliar todo o conjunto da escola, projetos, currículos, gestão, etc. A avaliação institucional é um instrumento da gestão democrática, portanto deve ser incorporada às práticas do cotidiano escolar.

Considerando que a autoavaliação permite mudanças nas práticas e, consequentemente, na qualidade da educação, é preciso fazer da avaliação institucional uma realidade possível nos espaços escolares, sensibilizar outras unidades de ensino para adoção da prática da avaliação institucional e sensibilizar também as Secretarias de Educação para a necessidade de desenvolver ações de estímulos a esta vivência no espaço escolar.

REFERÊNCIAS

AFONSO, Almerindo Janela. Notas sobre auto-avaliação da escola pública como organização educativa complexa. Revista ELO, nº 17 – Set. 2010. Disponível em: <http://www.cffh.pt/userfiles/files/ELO%2017.pdf>. Acesso em: 12 de Fev. 2016.

_____ . Políticas educativas e autoavaliação da escola pública portuguesa: apontamentos de uma experiência. Est. Aval. Educ., São Paulo, v. 21, n. 46, p. 343-362, maio/ago.2010. Disponível em: <http://www.fcc.org.br/pesquisa/publicacoes/eae/arquivos/1581/1581.pdf>. Acesso em: 12 de Fev. 2016.

ALVES, Maria Palmira Carlos; CORREIA, Serafim Manuel Teixeira. A autoavaliação de escola: um estudo exploratório sobre os dispositivos de auto-avaliação das escolas públicas em Portugal. Olhar de Professor, Ponta Grossa, v. 11, n. 2, pp. 355-382, 2008. Disponível em:< http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=68412830008>. Acesso em: 10 de Fev.2016.

ARAÚJO, Maria Cristina Munhoz. Avaliação institucional: ferramenta para tomada de decisão. Curitiba, PR: IESDE, 2009.

BALZAN, Cesar Newton; DIAS SOBRINHO, José (Orgs.). Avaliação Institucional – teoria e experiências. São Paulo: Cortez, 1995.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: Senado Federal, Centro Gráfico, 1988

_____ . Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília, DF:MEC, 1996.

_____ . Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. Indicadores da Qualidade na Educação Infantil. Brasília, 2009.

_____ . Ministério da Educação. Portaria Ministerial Nº 931, de 21 de março de 2005. Institui o Sistema de Avaliação da Educação Básica. Disponível em: <http://download.inep. gov.br/educacao_basica/prova_brasil_saeb/downloads/Port931_21MAR05.pdf>. Acesso em: 15 de fev. 2016.

_____ . Ministério da Educação. Projeto de Lei: Plano Nacional de Educação, – PNE, 2011/2020. Brasília, INEP, 2010.

_____. Ministério da Educação. Portaria Nº 438, de 28 de maio de 1998. Institui o Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM. Brasília, 1988.

_____ . Ministério da Educação. Secretaria de Educação Superior – Documento Básico Avaliação Das Universidades Brasileiras. Uma Proposta Nacional, Brasília,1993.

_____ . Planalto da presidência. **Lei Nº 10.861, de 14 de abril de 2004.** Institui o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior – SINAES e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.861.htm>. Acesso em 15 de fev. 2016.

BRANDALISE, Mary Ângela Teixeira. Avaliação institucional da escola: conceitos, contextos e práticas. Olhar do Professor, Ponta Grossa, v. 13, n 2, p. 315-330, 2010.

BRANDALISE, Mary Ângela Teixeira; MARTINS, Clícia Bührer. **Programa de Avaliação Institucional da Educação Básica do Paraná – da produção à implementação da política na escola.** Est. Aval. Educ., São Paulo, v. 22, n 50, p. 435-456, set/dez. 2011.

BELLONI, Isaura. Avaliação institucional: um instrumento de democratização da educação. Linhas Críticas, v. 5, n. 9, jul. a dez/99.

DALBEN, Adilson. Avaliação Institucional na Escola da Educação Básica: uma aproximação orientada pelos princípios da participação. Educação: Teoria e Prática – v. 20, n. 35, jul-dez, 2010, p. 133-146.

DIAS SOBRINHO, José. Avaliação institucional: marcos teóricos e políticos. Avaliação. Campinas, v. 1, n. 1, p 15-24, jul. 1996. Disponível em: <http://periodicos.uniso.br/ojs/index.php?journal=avaliacao&page=article&op=view&path%5B%5D=722>. Acesso em: 07 jul. 2012.

FERNANDES, Maria Estrela Araújo. Avaliação Institucional da escola – Base teórica e construção do projeto. Coleção Magister, 2ª edição. Edições Demócrito Rocha, 2002.

FREITAS, L.C. et al. Avaliação Educacional: caminhando pela contramão. Petrópolis: Vozes, 2009.

GADOTTI, Moacir. **Avaliação Institucional – necessidades e condições para sua realização.** 1999. Disponível em: < http://siteantigo.paulofreire.org/pub/Institu/SubInstitucional1203023491It003Ps002/Avali_Institucional.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2012.

GRACINDO, Regina Vinhaes. Gestão democrática nos sistemas e na escola. Brasília: Universidade de Brasília, 2009.

LIBÂNEO, José Carlos. Organização e gestão da escola: teoria e prática. Goiânia: Editora Alternativa, 2001.

LIMA, Erisevelton Silva. O Diretor e as avaliações praticadas na escola. Brasília, DF, 2011 (Tese de Doutorado).

LÜCK, Heloísa. Perspectivas da avaliação institucional da escola. Rio de janeiro: ed. Vozes. 2012.

LUCKESI, Cipriano Carlos. Avaliação da aprendizagem na escola – reelaborando conceitos e recriando a prática. Salvador: Malabares Comunicação e Eventos, 2003.

MESSINA, Graciela. Mudança e Inovação Educacional: notas para reflexão. Cadernos de pesquisa, nº 114, p. 225-233, novembro, 2001.Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cp/n114/a10n114.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2012.

MINAS GERAIS. Secretaria de Educação de Minas Gerais. **Sistema Mineiro de Avaliação da Educação Pública – SIMAVE**. Minas Gerais, 2013. Disponível em: <http://www.educacao.mg.gov.br/component/gmg/page/15115-simave>. Acesso em 16 jul. 2013.

MORAES, Sandro Ricardo Coelho de; SILVA, Itamar Mendes da. Escola básica e auto-avaliação institucional: possíveis conquistas, novos desafios. Disponível em: < www.anped.org.br/reunioes/32ra/arquivos/trab>. Acesso em: 31 jul. 2012.

MÜLLER, Ademir. Avaliação Institucional da Gestão Escolar na Escola Pública: a democracia no processo decisório. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2001.

NÓVOA, António. Para uma análise das instituições escolares. 1999. Disponível em <http://debauru.edunet.sp. gov.br/pages_arquivos/not%C3%ADcias/ot_novembro/NovoaAvalia%C3%A7ao_Institucional.pdf>. Acesso em 12 de fev. 2016.

PACHECO, José Augusto. Avaliação de escolas - o lugar da auto-avaliação. Revista ELO, nº 17 – Setembro de 2010. Disponível em: <http://www.cffh.pt/userfiles/files/ELO%2017.pdf>. Acesso em: 12 de Fev. 2016.

PARANÁ. Secretaria da Educação. **Programa de Avaliação Institucional.** Paraná, 2013.Disponível em: <http://www.educacao.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=117>. Acesso em: 16 jul. 2013.

PARO, Vitor Henrique. Gestão democrática da escola pública. 3ª ed. – São Paulo: Ática, 2000.

PUIG, Josep M. et al. Democracia e participação escolar – propostas de atividades. São Paulo: Moderna, 2005.

RIBEIRO, Vanda Mendes; PIMENTA, Cláudia Oliveira. Análise de uma proposta de avaliação institucional para a escola e para instituições de educação infantil. Ano 13 – n. 15 – julho 2010 – p. 93-112.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Educação. **Sistema Estadual de Avaliação Participativa – SEAP**. Rio Grande do Sul, 2013. Disponível em <http://www.educacao.rs.gov.br/pse/html/seap. jsp?ACAO=acao1>. Acesso em: 16 jul. 2013.

RISTOFF, Dilvo I. Avaliação Institucional: pensando princípios. In: BALZAN, Cesar Newton; DIAS SOBRINHO, José (Orgs.). Avaliação Institucional – teoria e experiências. São Paulo: Cortez, 1995.

RODRIGUES, Andrea Maria Rocha. **Avaliação Institucional nas Escolas Públicas de Fortaleza-CE: Avanços e Desafios**. 2009. Disponível em: < http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/3339>. Acesso em 30/09/2012. (Dissertação de Mestrado)

RODRIGUES, Rosângela Rocio Jarros. Meta:avaliação: o relato de uma experiência na universidade: Disponível em: <http://educa.fcc.org.br/pdf/aval/v04n01/v04n01a07.pdf >. Acesso em: 06 de out 2012.

SALVADOR, Secretaria Municipal da Educação. Plano Municipal de Educação –PME, 2010/2020. Salvador, 2010.

_____ . Decreto nº 8.222/12, de 03 de abril de 2012. Dispõe sobre os valores dos vencimentos dos cargos efetivos do grupo magistério do município, na forma que indica, altera dispositivo da Lei nº 5.268/1997 e dá outras providências. Disponível em: <www.leismunicipais.com.br/a/ba/s/salvador/lei-ordinaria/2012/822/8222>. Acesso em 17/01/2014.

_____ . Secretaria de Educação e Cultura. **Índice Guia,** Salvador, 2012.

SÃO PAULO: Secretaria Municipal de Educação de São Paulo. **Núcleo de Avaliação Educacional.** São Paulo, 2013. Disponível em: <http://portalsme.prefeitura.sp. gov.br/Projetos/nucleo/AnonimoSistema/MenuTexto.aspx?MenuID=50&MenuIDAberto=12>. Acesso em: 16 de jul. 2013.

SILVA, Itamar Mendes da. Autoavaliação e gestão democrática na instituição escolar. Ensaio: aval. pol. púpl. Educ, Rio de Janeiro, v. 18, n. 66, p. 49-64, jan./mar. 2010.

SOUSA, Sandra Zákia L. Debater é preciso. In: Avaliação educacional – em busca de critérios justos – a construção de uma ação significativa. Revista Escola Pública – Editora Segmento, p. 16-29, set/2011.

YIN, Robert K. Estudo de caso: Planejamento e Métodos. 2ª edição, Porto Alegre:

DESENVOLVIMENTO DE BARRA DE CEREAL TERMOGÊNICA GELADA

Alana Cristiny Miranda Soares
Fernanda Grazielli Vitória da Silva Gomes
Martha Ribeiro da Silva
Ferlando Lima Santos

DESENVOLVIMENTO DE BARRA DE CEREAL TERMOGÊNICA GELADA

Os cereais em barra são alimentos que surgiram como alternativa aos biscoitos e confeitos industrializados (SANTOS, 2010), ou seja, uma alternativa mais saudável de lanche. A empresa que iniciou a produção destas barras no mercado brasileiro foi a Nutrimental, que lançou, em 1992, a barra *Chonk*. No entanto, esta não foi bem aceita na época. Porém, dois anos após, a mesma empresa lançou a barra *Nutry*. A partir daí, outras empresas começaram a produzir e comercializar barras de cereais, disponibilizando-as em uma variedade cada vez maior (BARBOSA, 2003).

A intensa e crescente comercialização desses produtos, com propostas beneficiárias à saúde, infere no paradoxo da variedade das barras de cereais existentes no mercado, onde Bower e Whitten (2000) observam que os produtos mais apreciados entre os consumidores são aqueles com alta concentração de gordura e açúcares, os quais, dependendo da quantidade e frequência com que são consumidos, podem contribuir negativamente para a dieta.

Nesta perspectiva de apresentar um produto inovador e de qualidade nutricional ótima, surge a necessidade de uma barra de cereal livre de aditivos e de uma alta taxa de glicose em sua composição. Segundo Palazzolo (2003), pesquisadores têm procurado desenvolver barras de cereais com novos ingredientes alimentícios, nutritivos e funcionais, mas sem que isso provoque algum prejuízo nos atributos sensoriais mais apreciados pelos consumidores.

Os cereais em barras são multicomponentes e podem ser muito complexos em sua formulação. Os ingredientes devem ser combinados de forma adequada para garantir que se complementem mutuamente nas características de sabor, textura e propriedades fí-

sicas, particularmente no ponto de equilíbrio de atividade de água (ESTELLER, 2004). As barras do tipo granola compreendem uma mistura de cereais com outros produtos, como: nozes, castanhas e frutas, formando a barra a partir da mistura com compostos ligantes (IZZO, 2001).

Segundo CARVALHO *et al*. (2008), a obesidade é um problema mundial de saúde pública causador de diversas doenças. Além de ajudar a combater a obesidade, o uso de fitoterápicos é essencial, pois é visto popularmente como um alimento natural que proporciona melhoria nas doenças sem grandes efeitos colaterais e os mesmos, em sua maioria, possuem baixo custo. Um dos fitoterápicos mais conhecido é o termogênico, pois eles auxiliam na queima da gordura corporal. Dentre os mais conhecidos pela população está o chá verde.

Analisando este fator e pensando nos alimentos e substâncias termogênicas que estão ganhando espaços significativos no cotidiano da população, observa-se, nos últimos anos, o aumento no consumo de suplementos nutricionais (COELHO *et al*, 2010) e/ou fármacos contendo fitoterápico, os quais induzem tanto maior termogênese como oxidação lipídica. Estes dois são importantes fatores no que tange a evitar a instalação da obesidade, bem como revertê-la.

Os chamados termogênicos são substâncias que têm a capacidade de acelerar o metabolismo, promovendo queima maior de calorias e reduzindo o apetite. Por isso, algumas substâncias são conhecidas como queimadoras de gordura, uma vez que são úteis na sua metabolização, transformando-a em energia. (COELHO *et al*, 2010). O setor de fitoterápicos mobiliza cerca de 21,7 bilhões de dólares por ano, conclui-se que esta seção da indústria de medicamentos representa uma grande parcela na economia. No Brasil, estima-se que o setor movimente cerca de US$ 160 milhões por ano (CARVALHO *et al*, 2008). Neste trabalho, objetiva-se desenvolver uma barra de cereal termogênica gelada, com boa aceitação, para que a mesma possa ser comercializada.

UTILIZAÇÃO DE TERMOGÊNICOS

No Brasil observa-se um uso abusivo de suplementos alimentares com finalidade estética ou termogênica entre praticantes de atividades físicas em academias (Ahrendt, 2001), visto que grande parte desses praticantes procuram resultados rápidos e sem muito esforço, observando assim aumento de consumo e o uso indiscriminado desses suplementos alimentares (Silva, 2006). Deve-se salientar que a alta ingestão de termogênicos pode levar o aparecimento de efeitos colaterais como dor de cabeça, arritmia cardíaca, tontura, insônia e problemas gastrointestinais (Altimari, 2005). Sendo assim, seu consumo deve ser orientado e acompanhado por nutricionistas, que irão prescrever essa suplementação de forma individual, levando em consideração a real necessidade e a dose adequada.

No entanto, índices que mostram o aumento significativo de pessoas obesas no país, associados aos conceitos muitas vezes equivocados de culto a magreza e saúde, desencadeiam uma busca crescente por terapias alternativas que auxiliem ou promovam a perda de peso (MORO e BASILE, 2000).

Nas diversas possibilidades de perda de peso rápido e aumento de gasto energético para praticantes de atividade física, estão os termogênicos. Dentro desta categoria inclui-se os termogênicos, que tem por objetivo induzir a termogênese, que é definida como uma produção de calor através da energia liberada por reações químicas, controlada pelo sistema nervoso simpático e promovendo a liberação de diversos hormônios (LOWELL, SPIEGELMAN, 2000; OLIVEIRA, 1992).

Segundo, Braga e Alves (2000), a utilização de suplementos nutricionais com potencial termogênico tem se mostrado eficiente para retardar a fadiga e o aumento do poder contrátil do músculo esquelético potencializando a capacidade de realizar trabalho físico, ou seja, o desempenho físico. Fator este aderido por aqueles que almejam o ganho de massa muscular.

Na vertente da obesidade, a mesma é caracterizada por um problema de saúde pública e que está associada a várias doenças crônicas não transmissíveis, como dislipidemia, hipertensão, esteatose hepática não-alcoólica, diabetes mellitus tipo 2. A obesidade advém da necessidade do nosso organismo em conservar energia ao invés de gastá-la, isso acarreta em uma maior facilidade em acumular gordura, pois por milhares de anos, nossa espécie viveu situações de escassez de nutrientes (FETT E REZENDE, 2001).

O acúmulo de gordura é produto de um consumo elevado de calorias e de substratos combustíveis presentes nos alimentos e bebidas (proteínas, hidratos de carbono, lipídios e álcool) em relação ao gasto energético (metabolismo basal, efeito termogênico e atividade física). Nessa acumulação diversos fatores estão associados, como os hábitos alimentares, o estilo de vida, os fatores sociológicos e as alterações metabólicas e neuro-endócrinas, como os componentes hereditários. (MARQUES-LOPES *et al*., 2004).

Levantamento divulgado pela Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico (Vigitel 2013), parceria do Ministério da Saúde com o Núcleo de pesquisas epidemiológicas em Nutrição e Saúde da Universidade de São Paulo, mostra que 50,8% da população brasileira com mais de 18 anos está acima do peso, e este percentual tem crescido a cada ano. Em 2006, 42,6% da população estava acima do peso, aumento de 8,2 % entre 2006 e 2013.

Devido ao problema crescente da obesidade, têm sido desenvolvidas políticas públicas de controle, ampla divulgação da mídia sobre os seus malefícios e com isso surge à busca por alternativas para o tratamento da obesidade como "fármacos contendo fitoterápico os quaisinduzem tanto maior termogênese como oxidação lipídica, ambos importantes fatores no que tange evitar a instalação da obesidade, bem como revertê-la." (REIS FILHO *et al*., 2012).

Existe ainda um grande interesse na área nutricional/ nutracêutica por ingredientes da dieta com propriedades termogênicas em vir-

tude da maneira que estes interferem no sistema simpatoadrenal (Dulloo *et al.*, 2000). O efeito termogênico do alimento está diretamente relacionado com o aumento do gasto de energia decorrente do consumo do alimento (POEHÇMAN E HORTON, 1988, *apud* MAHAN E ESCOTT-STUMP, 2005).

Todos os alimentos aumentam a temperatura corporal uma vez que há gasto energético para serem digeridos, desse modo ocorre o aumento da temperatura corporal e aceleração do metabolismo permitindo que haja queima de gordura. Existem alimentos que tem maior destaque na função termogênica, uma vez que induzem o metabolismo a trabalhar com ritmo acelerado, estes alimentos são classificados como termogênicos. (Cardoso *et al.*, 2010), "são exemplos de alimentos termogênicos a pimenta vermelha, óleo de coco virgem, canela, chá verde, guaraná em pó, gengibre, ômega 3" (PADILHA *et al.*, 2013).

O consumo de termogênicos naturais tem sido utilizado como estratégias para perda e manutenção de peso, a termogênese é regulada pelo sistema nervoso simpático e alterações neste sistema de neurotransmissores contribuem para o controle da obesidade (DULLOO *et al.*,1999; WESTERTERP-PLANTENGA *et al.*, 2006, DIEPVENS *et al.*, 2007 *apud* ALTEIRO *et al.*, 2007apud ALTERIO; FAVA e NAVARRO, 2007).

Os estudos apontam a efetividade das substâncias termogênicas no tratamento da obesidade, controle de peso e exercícios físicos, e diante desta constatação o tratamento terapêutico com suplementos naturais (ervas) cresceu de maneira significativa devido ao interesse nos potenciais termogênicos com capacidade de modular a atividade de catecolaminas nos compostos que são extraídos das plantas, como a cafeína presente no café e chás, capsaícina nas pimentas e catequinas de chás. (DULLOO *et al.*,1999, WESTERTERP-PLANTENGA *et al.*, 2006, CHAN *et al.*, 2006, SHARPE *et al.*, 2006 *apud* ALTERIO; FAVA E NAVARRO, 2007).

Os alimentos funcionais são definidos pelo *International Food Information Council* (IFIC) como alimentos que provêm benefícios adicionais à saúde aos já atribuídos nutrientes que contêm. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), de acordo com a resolução nº 18, de 30 de abril de 1999, alega que propriedade funcional é aquela relativa ao papel metabólico ou fisiológico que o nutriente ou não nutriente tem no crescimento, no desenvolvimento, na manutenção e em outras funções normais do organismo humano. Esse mesmo órgão descreve como alegação de propriedade de saúde aquela que afirma, sugere ou implica a existência de relação entre o alimento ou ingrediente e a doença ou condição relacionada à saúde.

Santos *et al* (2011), afirma que no Brasil, as raízes culturais contribuem significativamente para o desenvolvimento da fitoterapia, uma vez que os indivíduos acreditam na eficácia dos medicamentos fitoterápicos. Além disso, tais fármacos ajudam a ligar o homem novamente à natureza, fazendo com que este se sinta parte dela ao buscar esta alternativa de melhorar sua imunidade, normalizar suas funções fisiológicas e até mesmo rejuvenescer.

Dentre os mais conhecidos pela população está o chá verde. Composto utilizado como base para a funcionalidade termogênica no produto desenvolvido (barra de cereal termogênica gelada).

O chá verde é eficaz no aumento da termogênese possivelmente devido a suas altas concentrações de cafeína e polifenóis (catequinas). As evidências apontam para um sinergismo entre os polifenóis, a cafeína e ainda a tiamina, sendo esses dois últimos responsáveis por reforçar o efeito das catequinas. (FISCHER, 2010).

Chanadiri *et al.* (2005), apuraram as consequências das catequinas do chá verde no metabolismo lipídico, na qualidade antioxidante e no acúmulo de massa corporal em ratos enquanto era administrada uma dieta hiperenergética por 49 dias. Um dos grupos experimentais passou a ter as catequinas na quarta semana de experimento e no fim da intervenção esse grupo expressou menor concentração

de colesterol total, triglicerídeos, LDL (lipoproteína de baixa densidade) e de gordura visceral.

Segundo Chen *et al.*(2005), o chá verde possui abundante flavonóides e vários de seus polifenóis, como as catequinas e seus metabólitos, podem inibir a catecol-O-metiltransferase (COMT), enzima causadora da degradação da norepinefrina, diminuindo assim, o seu acúmulo nas junções sinápticas e sua relação com adrenoreceptores. Dulloo *et al.*(1999) complementam que, por conta do fundamento papel do sistema nervoso simpático e seu neurotransmissor norepinefrina no controle da termogênese e na oxidação de gorduras, é constatado que as catequinas, pela inibição da COMT, resultem em um aumento do efeito da norepinefrina, aumentando a oxidação de gorduras pela estimulação da termogênese.

Segundo Kassim *et al.* (2009), o consumo de chá verde, vem sendo associado à diminuição do peso corpóreo e da gordura corpórea, atuando como coadjuvante na prevenção e tratamento da obesidade, diabetes, dislipidemias e doenças cardiovasculares.

Choo (2003) realizou um estudo em ratos a fim de apurar as consequências do chá verde na gordura armazenada no corpo, e como conclusão obteve que o chá verde realizava importante efeito nos ratos, apresentando redução digestiva e aumento da termogênese no tecido adiposo marrom por ativação do beta-adrenoceptor.

As tendências de transição nutricional ocorridas neste século, em diferentes países no mundo, convergem para uma dieta rica em gorduras saturadas, açúcares e alimentos refinados, e com baixo teor de carboidratos complexos e fibras, também conhecida como dieta ocidental (Filho *et al.*, 2003). Aliando esse fator com o declínio progressivo da atividade física dos indivíduos, percebe-se alterações concomitantes na composição corporal, principalmente o aumento da gordura. No caso do Brasil, estudos comprovam que essa transição se relaciona com as mudanças demográficas, socioeconômicas e epidemiológicas ao longo do tempo, refletindo uma diminuição na desnutrição e aumento da obesidade (FRANCISCHI *et al.*, 2000).

DESENVOLVENDO A BARRA DE CEREAL TERMOGÊNICA GELADA

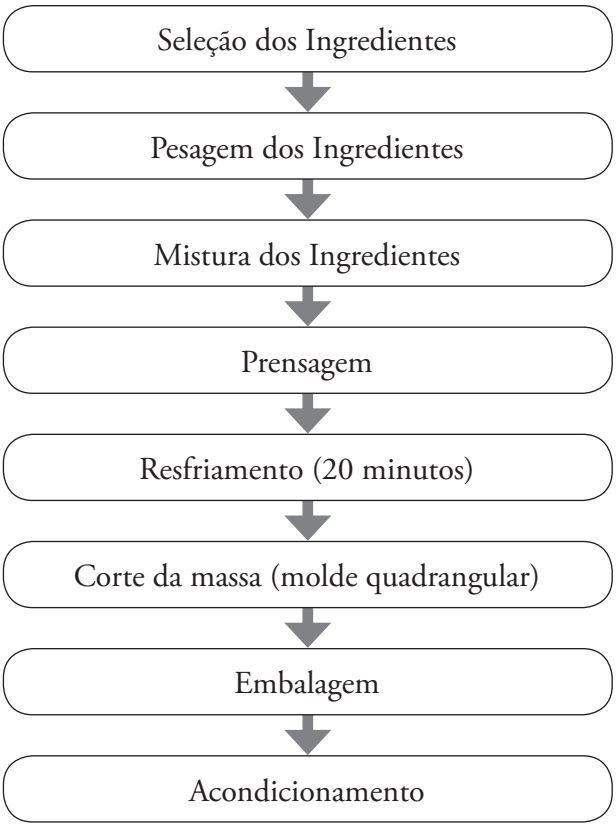
Este trabalho foi baseado nos princípios da pesquisa qualitativa, que nortearam a pesquisa bibliográfica. A pesquisa foi realizada no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal Recôncavo da Bahia (UFRB, Santo Antônio de Jesus – BA).

Primeiro, foi realizado um pré-teste, onde foi feita uma análise geral do produto, incluindo variantes como cor, sabor e aroma.

Depois, foi feita a produção da Barra Termogênica gelada, sendo denominada como Termo Barra. Na formulação da barra foram utilizados: aveia em flocos finos (26,722 g), semente de girassol (20,127 g), tâmaras (17,597 g), nozes (16,672 g), castanha de caju (13,950 g), óleo de coco (12,0 ml), castanha do Brasil (9,230 g), Goji Berry (8,578 g), chia (4,583 g) e chá verde (1,655 g). Todos os ingredientes foram adquiridos em estabelecimentos comerciais da cidade de Santo Antônio de Jesus/BA e foram pesados em balança digital (Filizola). Para a elaboração da tabela de informação nutricional, foi utilizado de forma indireta a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO).

O processo de elaboração da barra iniciou com a adição de todos os ingredientes em um mini processador, da marca *Black & Decker* – HC32, formando uma mistura de todos os ingredientes. Em seguida, esta mistura foi pressionada, com uma espátula de inox, em um refratário com papel manteiga, a fim de obter uma perfeita junção dos ingredientes. A massa foi levada ao freezer por 20 minutos, logo depois de cortada no formato de um quadrado (5 cm x 5 cm x 1 cm). As barras de cereais foram dispostas sobre papel manteiga, embalados com papel chumbo e colados rótulos produzido pela equipe, e, logo após, colocadas em caixa isotérmica.

Figura 1 – Fluxograma de produção barra de cereal termogênica gelada



Fonte: Os autores

O teste de análise sensorial foi realizado na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, no Centro de Ciências da Saúde, na cidade de Santo Antônio de Jesus-Ba, no dia 30 de outubro de 2014, das 08h30min às 11h30min horas. Os indivíduos que provaram foram de ambos os sexos e receberam amostras de aproximadamente 15g, embalados em papel chumbo, e, logo após, receberam o questionário para avaliar o produto.

O teste sensorial foi realizado por meio do método de análise sensorial, cujo objetivo foi avaliar a aceitação dos consumidores quanto ao produto, utilizando a escala hedônica de 9 pontos. As variáveis coletadas foram sexo, idade, aceitação, atitude, sabor, cor e avaliação geral do produto.

Para a interpretação dos dados, considerou-se a escala hedônica de aceitação e a escala de atitude ou intenção, que expressou a vontade do provador de comprar o produto que lhe foi oferecido. Foi utilizada a escala de 1 a 9 pontos, considerando que entre 1 e 4 significa *não aceitação* e *não comp*raria, 5 significa *indiferente* e de 6 a 9 significa *aceitação* e *compraria o produto*. Os dados coletados a partir do teste sensorial foram tabulados e analisados, utilizando o programa Excel para construir uma tabela e gráficos.

CARACTERÍSTICAS DA TERMO BARRA

A barra de cereal termogênica gelada é um alimento com ótima composição química e baixa caloria, como pode ser observado na Tabela 1. Considerando que este alimento seja mais saudável do que algumas barras de cereais existentes no mercado, a Figura 2 mostra, proporcionando uma análise comparativa, a informação nutricional de uma barra de cereal industrializada sabor banana com chocolate (SAMPAIO *et al*, 2010). Vale salientar que a barra de cereal termogênica gelada possui uma quantidade superior de lipídeos em comparação com esta barra de cereal industrializada, graças aos seus ingredientes ricos em ácidos graxos polinsaturados, como a castanha do Brasil, castanha de caju e a nozes (BRASIL, 2012).

Foi aplicado um teste de análise sensorial, no qual foram computados 62 participantes, sendo que 17 foram do sexo masculino e 45 do sexo feminino. A faixa etária dos participantes, na média geral, foi de 24,7 anos.

Tabela 1 – Informação nutricional da Barra de Cereal Termogênica Gelada

Informação Nutricional/ Porção 20g (1 unidade) Quantidade por porção	
Valor energético	69,7 kcal
Carboidratos	8,45 g
Proteínas	1,49 g
Lipídios	3,32 g
Fibra Alimentar	0,99 g
Ferro	0,31 mg
Cálcio	6,39 mg
Sódio	3,85 mg

Fonte: Os autores

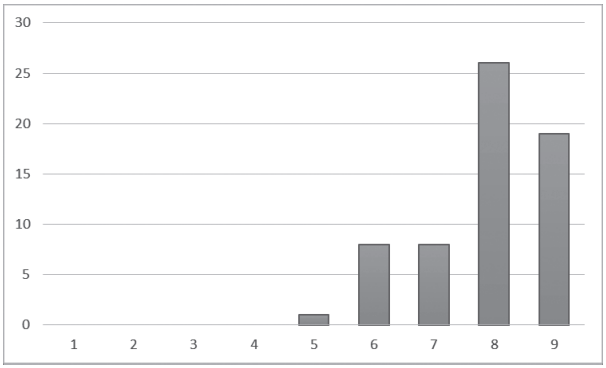
Figura 2 – Informação nutricional de uma barra de cereais industrializada.

Porção: 25 g (1 barra)	
Valor energético	100 kcal = 420kJ
Carboidratos	18 g
Proteínas	1,0 g
Gorduras totais	2,6 g
Gorduras saturadas	1,6 g
Gorduras trans	0 g
Fibra alimentar	1,0 g
Sódio	3,0 mg

Em relação à frequência de consumo de barras de cereais pelos participantes, foi observado que 22,58% consomem diariamente, 29,03% consomem de 2/3 vezes por semana e 16,12% consomem apenas 1 vez por semana. Quinzenalmente, há um consumo de 6,45%, mensalmente, de 17,74% e apenas 8,06% relatou nunca

consumir. No que se refere ao grau de aceitação global do produto, foi observado que 98,38% das avaliações analisadas estavam na área de aceitação, como pode ser observado no gráfico 1. Apenas 1,61% dos indivíduos se mostraram indiferente quanto ao produto.

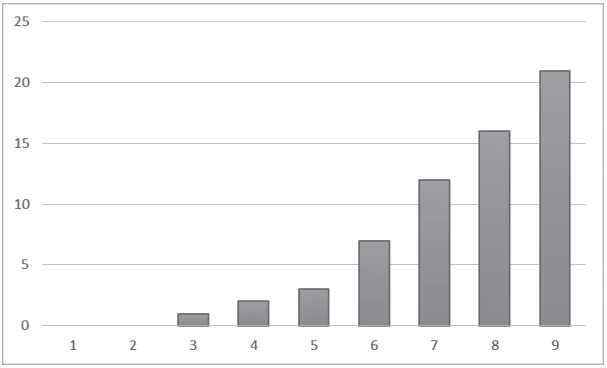
Gráfico 1 – Frequência de aceitação



Fonte: Os autores

O gráfico 2 demostra que a atitude de compra dos provadores foi de 90,32%, contudo 4,83% estavam na área de indiferença e, similarmente, 4,83%, na área de rejeição.

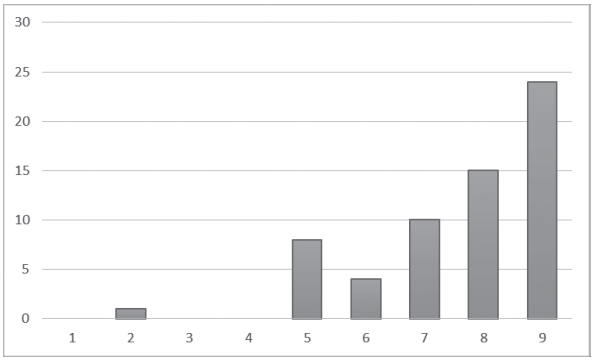
Gráfico 2 – Intenção de compra do produto



Fonte: Os autores

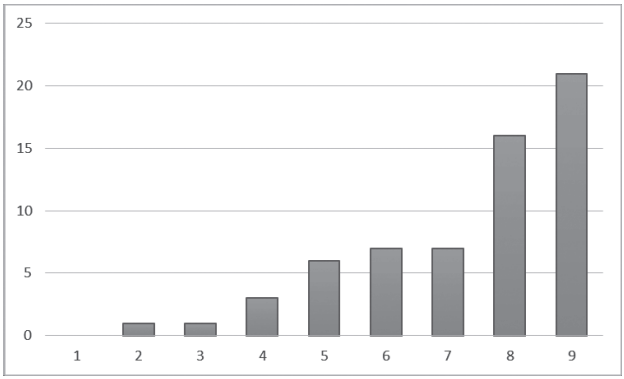
Os gráficos 3 e 4 expõem os valores no quesito sabor e cor, respectivamente.

Gráfico 3 – Avaliação de sabor do produto



Fonte: Os autores

Gráfico 4 – Avaliação de cor do produto



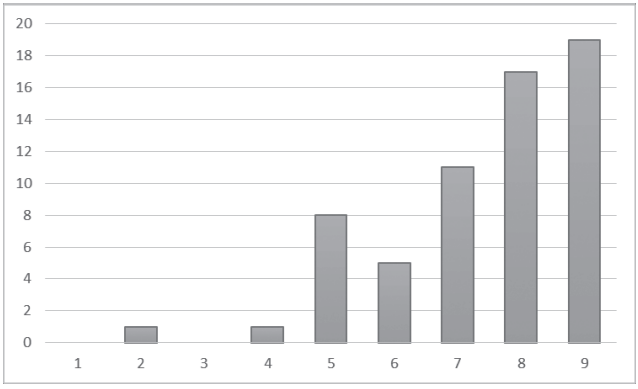
Fonte: Os autores

No quesito sabor, a porcentagem foi de 85,48% para a área de aceitação, enquanto 12,90% se mostraram indiferente e 1,61%, na área de rejeição, conforme pode ser visualizado no gráfico 4. No gráfico 5, quanto a avaliação da cor, 82,25% encontram-se

na área de aceitação, enquanto 9,67% se mostraram indiferente e 8,06% na área de rejeição. Esta porcentagem poderia se explicar pelo produto não conter aditivos para a melhoria do mesmo.

Em relação a avaliação geral do produto, 83,87% encontram-se na área de aceitação, mesmo a barra de cereal termogênica gelada sendo um produto novo. Os indivíduos que se mostraram indiferentes foram totalizados em 12,90% e os da área de rejeição foram totalizados em 3,22%, conforme gráfico 5.

Gráfico 5 – Avaliação geral do produto (análise sensorial)



Fonte: Os autores

A barra de cereal termogênica gelada é um produto novo que pode ser inserido no mercado de alimentos, pois além de ser saboroso e nutritivo, adjetivos adquiridos através da análise sensorial, é rico em fibras, sais minerais e vitaminas, possui propriedade termogênica, adquirida através do chá verde. A barra de cereal termogênica gelada não contém adição de açúcar em sua composição.

A Figura 3 demonstra a marca da barra de cereal termogênica gelada. Vale salientar que esta foi a forma de apresentação da barra também utilizada para a degustação e análise sensorial, aos participantes desta pesquisa.

Figura 3 – Marca da barra de cereal termogênica gelada – TermoBarra.

Fonte: Os autores

A barra de cereal termogênica é prática, com custo acessível, de baixa caloria, que ajuda a manter a boa forma e o bem estar. A barra de cereal termogênica gelada obteve boa aceitação sensorial e resultados satisfatórios, expressos nos gráficos. A TermoBarra é uma nova alternativa e mais saudável em comparação com as outras barras existentes no mercado, como foi demonstrado na figura 2.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sendo que a barra de cereal está baseada em diversas características que o Ministério da saúde e a Agencia Nacional de Saúde atribuem para uma alimentação saudável, tendo como predicados as significações culturais e social do alimento, já que possui em sua composição óleo de coco, que é uma fruta típica da região nordeste, com sabor agradável, custo acessível, e é alimento variado e nutritivo na sua composição frutas e fibras.

Tal produto se molda no ensejo na grande procura de se consumir um alimento saudável, saboroso, e prático a qualquer hora do dia. De acordo com os resultados obtidos por este estudo, foi plausível concluir que é possível desenvolver uma barra de cereal gelada com propriedades termogênicas, de sabor agradável. Sendo possível sua viabilidade comercial.

REFERÊNCIAS

AHRENDT, D. M. Ergogenic aids: counseling the athlete. American Family Physician. Vol.

63. Núm. 5. p. 913-922. 2001

ALTERIO, A. A; FAVA, A. F; Navarro, F. Interação da ingestão diária de chá verde (camellia sinensis) no metabolismo celular e na célula adiposa promovendo emagrecimento. Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento, São Paulo v. 1, n. 3, p. 27-37, Mai/Jun, 2007.

ALTIMARI, L.; Melo, J.; Trindade, M.; Tirapegui, J.; Cyrino, E. Efeito ergogênico da cafeína na performance em exercícios de média e longa duração. Revista Portuguesa de Ciências do Desporto. Vol. 5. Num. 1. 2005. p. 87-101

BARBOSA, C.E.M. Barras de cereais: Lucre com esse mercado que cresce 20% ano. Revista da Padaria Moderna, v. 68, n.8, ano 6, p. 16-18, 2003

BOWER, J.A; WHITTEN,R. Sensory characteristics and consumer linking for cereal bar snack foods. Journal of Sensory Studies, v. 15, n.3, p. 327-345, 2000.

BRAGA, L. C.; ALVES, M. P. A cafeína como recurso ergogênico nos exercícios de endurance. Revista Brasileira de Ciência e Movimento, v. 8, n. 3, p. 33-37, 2000

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-RDC nº18, de 30 de abril de 1999. Aprova o regulamento técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e/ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br> Acesso em: 7 de set 2014.

BRASIL. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO). Relatório Sobre Análise de Teor De Gordura e Fitosteróis Em Nuts (Amêndoa, Amendoim, Avelã, Castanha De Caju, Castanha Do Pará, Macadâmia E Nozes). Rio de Janeiro. 29 de maio de 2012.

BRASIL. Ministério da saúde. Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico. 2013

CARDOSO J, MARTINS J, BENITES J, CONTI T, SOHN V. – Uso de alimentos termogênicos no tratamento da obesidade. UFRJ, Jun 2010.

CARVALHO, Ana C. B.; Et al. Situação do registro de medicamentos fitoterápicos no Brasil. Revista brasileira de Farmacologia. Brasília, V. 18, n. 2, Abr/Jun 2008. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/rbfar/v18n2/28.pdf>. Acesso em: 10 Setembro. 2014.

CHANADIRI T,et al. Effectiveness of green tea catechines for the correction of the alimentary obesity in the experiment. Georgian Med News. 2005; 126:61-3

CHEN D, Wang CY, Lambert JD, Ai N, Welsh WJ, Yang CS. Inhibition of human liver catechol-O-methyl transferase by tea catechins and their metabolites: structure-activity relationship and molecular-modeling studies. Biochem Pharmacol. 2005; 69(10):1523-31

CHOO, J.J. Green tea reduces body fat accretion caused by high-fat diet in rats through beta- adrenoceptor activation of thermogenesis in brown adipose tissue. Journal Nutrition Biochememical, v. 14, n. 11, 671-6, 2003.

COELHO, C.F.; Mota, J.F.; Ravagnani, F.C.P.; Burini, R.C. A suplementação de L-carnitina não promove alterações na taxa metabólica de repouso e na utilização dos substratos energéticos em indivíduos ativos. Arq Bras Endocrinol Metab. Vol. 54. Num. 1. p. 37-44. 2010.

DULLOO AG, et al. Efficacy of a green tea extract rich in catechin polyphenols and caffeine in increasing 24-h energy expenditure and fat oxidation in humans. Am J Clin Nutr. 1999; 70(6):1040-5

DULLOO, A. G; SEYDOUX, J; GIRARDIER, L; CHANTRE, P; VANDERMANDER, J. Green tea and thermogenesis: interactions between catechin-polyphenols, caffeine and sympathetic activity. International Journal of Obesity V. 24, p. 252-258, 2000.

ESTELLER, M. S. et al. Uso de açúcares em produtos panificados. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 24, n. 4, p. 602-607, 2004.

FETT, C. A; REZENDE, W. C. A termogênese como recurso de intervenção eficiente para o combate e controle da obesidade. Revista Mineira de Educação Física, Viçosa, v. 9, n. 1, p. 83 – 106, 2001.

FILHO MB, RISSIN A. A transição nutricional no Brasil: tendências regionais e temporais. Cad Saúde Pública. 2003; 19(Supl.1):S181-S91.

FISCHER, bruno. Chá verde e emagrecimento. Grupo de estudos avançados em saúde e exercícios, Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.gease.pro.br/artigo_visualizar.php?id=215 >. Acesso em: 10 Setembro. 2014.

Francischi, R. P. P. et. al. Obesidade: atualização sobre sua etiologia, morbidade e tratamento. Revista de Nutrição, Campinas, 13 (1): 17-28, Jan./Abr., 2000

IZZO, M. & NINESS, K. Formulating Nutrition Bars with Inulin and Oligofructose. Cereal Foods World, v. 46, n. 3, p. 102-105, 2001.

KASSIM, A. L. O.; Fernandes, C.; Rodrigues, K. Efeitos da suplementação de chá verde em indivíduos praticantes de atividade física. Revista Brasileira de Nutrição Esportiva, São Paulo. Vol. 3. Num. 17. 2009. p. 442-467.

LOWELL, B. B.; SPIEGELMAN, B. M. Towards a molecular understanding of adaptive thermogenesis. Nature. Vol. 404. Núm. 6778. p. 652-660. 2000.

MAHAN, L. K; ESCOTT-STUMP, S; Krause – Alimentos, Nutrição e Dietoterapia. 11ª edição. São Paulo: Roca, 2005.

MARQUES-LOPES, I; MARTI, A; MORENO-ALIAGA, M. J; MARTÍNEZ, A. Aspectos genéticos da obesidade. Revista de Nutrição, Campinas, jul./set., 2004.

MORO, C.O.;BASILE, G. Obesity and medicinal plants. Fitoterapia, v. 71, p. 73-82, 2000.

OLIVEIRA, C. H. S. Monitorização da Temperatura. Revista Brasileira de Anestesiologia. Vol. 42. Núm. 1. p. 79-84. 1992.

PADILHA, C. B; TONDINB, C. B; SCHWINGEL, I; GODOYD, S; VARELA, Q. D. – Termogênicos naturais na diminuição da obesidade e prevenção do diabetes mellitus tipo II. In: I Congresso de Pesquisa e Extensão da FSG, 2013, Caxias do Sul – RS.

PALAZZOLO, G. Cereal bars: they're not just breakfast anymore. Cereal Foods World, v. 48, n. 2, p. 70-72, 2003.

REIS FILHO, A. D; AMARAL FILHO, J.C; SANTINI, E; RAVAGNANI, C.F.C; VOLTARELLI, F. A; FETT C. A. Efeitos de um produto termogênico sobre parâmetros bioquímicos e morfológicos relacionados à saúde: um estudo de caso. Revista Brasileira de Nutrição Esportiva. v 6, n 33, 2012.

REIS, A. D. F., et al. Efeitos de um produto termogênico sobre parâmetros bioquímicos e morfológicos relacionados à saúde: um estudo de caso. Revista Brasileira de Nutrição Esportiva. v 6, n 33, 2012.

SAMPAIO, C.R.P., FERREIRA, S.M.R., CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Caracterização Físico-Química e Composição de Barras de Cereais Fortificadas com Ferro. Alim. Nutr., Araraquara, vol. 21, n 4, p. 607-616, out./dez. 2010.

SANTOS, J.F. Avaliação das propriedades nutricionais de barras de cereais elaboradas com farinha de banana verde. 2010. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

SANTOS, R. L et al. Análise sobre a fitoterapia como prática integrativa no Sistema Único de Saúde. Revista Brasileira de Plantas Medicinais. Botucatu, V. 13, n. 4, p. 486-491. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-05722011000400014&script=sci_arttext> Acesso em: 10 Setembro. 2014.

SILVA, R. K.; Junior, D. A. F.; Neves, A. S. Consumo de ergogênicos nutricionais por praticantes de musculação de diversas academias de ginástica de resende-RJ. Revista Brasileira de Nutrição Esportiva. São Paulo. Vol. 6. Num. 36. 2006. p. 470-476.

Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO Versão 2 – Segunda Edição Campinas – SP 2006. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação – NEPA, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.

DOS AUTORES

Agustin Pablo Seijo 133

Médico pela Facultad de Medicina, Universidad de Buenos AiresServicio de Zoonosis. Ayudante de la Cátedra de Patología del Universidad de Buenos Aires. Atualmente médico do Hospital Municipal de Infecciosas F. J. Muñiz, Capital Federal, Buenos Aires.

Alana Cristiny Miranda Soares 363

Possui ensino-medio-segundo-grau pelo Colégio Anísio Teixeira (2011). Tem experiência na área de Nutrição.

Alfredo Seijo 133

Médico pela Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires, Especialistas de la Cátedra de Enfermedades Infecciosas de la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires, Atualmente médico do Servicio de Zoonosis, Hospital Francisco J. Muñiz, Buenos Aires.

Alice Fontes Ferreira 303

Mestranda em Gestão e Tecnologias aplicadas à Educação (GESTEC). Analista Universitário da Universidade do Estado da Bahia (UNEB) com formação em Secretariado Executivo, está vinculada profissionalmente à Editora da Universidade do Estado da Bahia. Membro dos Grupos de Pesquisa Geotecnologias, Educação e Contemporaneidades (GEOTEC) e do Grupo Educação, tecnologias, difusão do conhecimento e modelagens de sistemas sociais (DCETM). Pesquisa principalmente os seguintes temas: gestão e difusão do conhecimento científico, tecnologias aplicadas à Educação e repositórios digitais.

Aloísio Nascimento Filho 59

Possui graduação em Bacharelado Em Ciências Econômicas pela Faculdade Católica de Ciências Econômicas da Bahia (1998), mestrado em Interdisciplinar em Modelagem Computacional pela Fundação Visconde de Cairu (2005) e atualmente douto-

rando em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial pelo SENAI CIMATEC e bolsista do Programa de Recursos Humanos da Agência Nacional do Petróleo – PRH-55. Tem experiência em integração de sistemas, análise de séries temporais, com ênfase em Flutuações Cíclicas e previsões para dados econômicos.

Ana Carolina Kunicki 15

Possui graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (2007), Doutorado em Ciências (Neurociências) pelo Programa de Pós-Graduação em Fisiopatologia Experimental da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (2012). Atualmente é professora do Mestrado em Neuroengenharia no Instituto Internacional de Neurociências Edmond e Lily Safra (IIN-ELS), do Instituto Santos Dumont. Tem experiência nas áreas de neurofisiologia, interface cérebro-máquina e processamento de sinais neurais.

André Luiz Souza Silva 303

Mestre em Ensino de Ciências e Matemática no CEFET-RJ, Pós-graduado em Novas tecnologias no ensino da Matemática pela UFF, Especialista em Ensino da Matemática pela UFRJ, Licenciado pela UFRJ . Professor Assistente do Instituo Federal de Educação Ciência, Tecnologia RJ

Aníbal de Freitas Santos Júnior 85

Doutor e Mestre em Química pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), Área de Concentração: Química Analítica. Bacharelado em Farmácia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA) e Licenciatura Plena em Química pela Universidade do Estado da Bahia (UNEB). Atualmente, é Professor Titular e Gerente de Pesquisa da Pró-Reitoria de Pesquisa e Ensino de Pós-Graduação (PPG), da Universidade do Estado da Bahia (UNEB). Tem experiência na área de Farmácia e Química, com ênfase em Farmacologia Básica e Clínica, Farmacocinética, Biossegurança, Biofarmácia, Bioprospecção de Recursos Naturais e Análise e Controle de Alimentos/Medicamentos (Cinética de Dissolução).

Bruno Coelho Cavalcanti 85

Licenciado e Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Ceará (2004), possui Mestrado (2006) e Doutorado (2010) em Farmacologia pela mesma instituição. Tem experiência na área de Farmacologia, com ênfase em Atividade Antitumoral, Citotoxicidade, Genotoxicidade, Mutagenicidade e Quimioprevenção.

Carolina de Vasconcelos Munduruca 33

Graduanda em Medicina pela Universidade Estadual de Feira de Santana (2012), bolsista de iniciação científica FAPESB por dois anos com o tema Relação entre doença periodontal materna e prematuridade/ baixo peso ao nascer.

Claudio Reynaldo Barbosa de Souza 153

Pós doutor em Difusão do Conhecimento (SENAI CIMATEC), Doutor em Difusão do Conhecimento (UFBA), .Mestre em Pedagogia Profissional pelo Instituto Superior Para La Educacion Tecnica e Profesional Hecto Alfredo Pineda Zaldivar / Cuba (2001). Especialista em Educação Tecnológica. Licenciado Pleno em Eletrônica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (1992). Professor Titular e Pesquisador do Instituto Federal da Bahia, atuando nas área educação técnica profissional, tecnologia em Saúde, Sistemas Locais de Produção.

Cleide Pereira Oliveira 333

Possui graduação em LICENCIATURA PLENA EM MATEMÁTICA pela Universidade Federal do Pará (2000), Pós graduação em Mídias na Educação pela Universidade Federal do Amazonas (2013). Atualmente é professora – Secretaria de Estado de Educação e Qualidade de Ensino e Secretaria Municipal de Educação. Trabalha nas escolas: Escola Estadual Maria da Luz Calderaro e Escola Municipal João Alfredo.

Diego Ameri 133

Médico do Servicio de Zoonosis, Hospital Francisco J. Muñiz, Buenos Aires.

Edgard Morya 15

Possui graduação em Fisioterapia pela Universidade de São Paulo (1996), doutorado em Ciências (Fisiologia Humana) pelo Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (2003) e Pós-Doutorado em Ciências (Fisiologia Humana) pelo Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (2006) . Atualmente é coordenador de pesquisas do Instituto Santos Dumont (ISD). Tem experiência na área de neurociência e neurofisiologia, com ênfase em eletrofisiologia, controle motor, psicofísica e acoplalmento sensório-motor.

Eduardo Manuel de Freitas Jorge 281

Doutor em Difusão do Conhecimento no programa multi institucional pela UFBA (Universidade Federal da Bahia) no projeto de pesquisa Mobi (Modelo de Ontologia baseado em Instâncias). É, também, mestre em Ciência da Computação pela UFPB (Universidade Federal da Paraíba) e certificado PMP (Project Management Professional). A sua linha de pesquisa principal é em projetos inovadores nas seguintes Áreas: dispositivos móveis com o enfoque em computação sensível ao contexto, BI (*Business Intelligence*) e Big Data. Por fim, é professor adjunto da UNEB nas disciplinas voltadas para os seguintes conteúdos: Modelagem Conceitual, Linguagem de Programação Orientada a Objetos, Banco de Dados e Projeto Avançado de Sistemas. Nos últimos anos tem atuado também em projetos de pesquisa e desenvolvimento em parceria com Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs).

Fabricio Brasil 15

Pesquisador e coordenador do Programa de Pós-Graduação em Neuroengenharia do Instituto Internacional de Neurociências Edmond e Lily Safra (IIN-ELS), do Instituto Santos Dumont

(ISD). Graduado em Eng. Elétrica pela Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT (2003). Mestre em Eng. Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC (2007). Doutor em Neurociências pelo Max Planck Research School – University of Tübingen, Alemanha (2013). Tem experiência na área de Engenharia Biomédica, Interface entre Cérebro Máquina/Computador (BMI/BCI), Reabilitação, Projetos de Equipamentos, Plasticidade e Estimulação Cerebral através de Estimulação Magnética Transcraniana (TMS) e Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (tDCS).

Fernanda Grazielli Vitória da Silva Gomes 363

Graduanda de Nutrição da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia / Centro de Ciências da Saúde

Ferlando Lima Santos 363

Possui graduação em Nutrição pela Universidade Federal da Bahia, Mestrado e Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa. Atualmente, é professor Adjunto do Centro de Ciências da Saúde da UFRB; é coordenador do Laboratório de Probióticos do CCS, do projeto Kefir do Recôncavo; é líder do grupo de pesquisa no CNPq: Bioprodutos e processos aplicados à nutrição humana BIONUTRI; é avaliador do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP/MEC) e faz parte da Comissão Editorial das revistas Cadernos de Prospecção, Diálogos & Ciência, Uniciências, Revista Brasileira de Nutrição e Saúde e Interfaces Científicas – Saúde e Ambiente. Tem experiência na área de Biotecnologia de Alimentos, com ênfase em Microbiologia de Alimentos, atuando nos seguintes temas: Inovação Tecnológica, Desenvolvimento de produtos, Alimentos Funcionais (Probióticos e Kefir).

Flávio Galvão Calhau 201

Possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade Estadual de Santa Cruz (2002), Especialização em Computação Distribuída e Ubíqua pelo Instituto Federal da Bahia (2014) e

mestrado em Sistemas e Computação pela Universidade Salvador (2011). Atualmente, atuo junto à Unime – União Metropolitana de Educação e Cultura e à Faculdade Ruy Barbosa como Professor e, também, sou funcionário público federal exercendo a função de analista de sistemas na Petrobras. Atuo na área de Ciência da Computação, com ênfase em Smart Grid, Redes de Sensores Sem Fio, Gerência Autonômica, Computação Ubíqua, Telecomunicações e Aplicações Industriais. Instrutor de Armamento e Tiro credenciado à Polícia Federal e Instrutor de Tiro Desportivo credenciado ao Exército Brasileiro.

Gleice Rayanne da Silva 85

Estudante de Farmácia da Universidade Federal da Paraíba(2016). Trabalhou na área de desenvolvimento de métodos mais eficazes para determinação de flúor em produtos. Conhecimentos na área de espectrofotometria e toxicologia. Plantonista no Centro de Assistência Toxicológica de João Pessoa-PB. Participa do Projeto de Extensão que leva o conhecimento sobre o Centro de Assistência Toxicológica a comunidade. Membro da Liga Acadêmica de Toxicologia da Paraíba.

Greiciele Vitor Santos da Paz 33

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Feira de Santana (2012), defendendo a monografia Resposta Imune Humoral Materna contra Porphyromonas gingivalis e Baixo Peso ao Nascer. É especialista em Auditoria e Gestão Ambiental pela Fundação Visconde de Cairu (2014), e atua na Gestão de Unidades de Conservação e Meio Ambiente, principalmente em Educação Ambiental, Desenvolvimento Sustentável e Práticas Ambientais. Bolsista do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, INEMA, Brasil.

Guilherme Oliveira de Souza 257

Possui graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Bahia (2003), mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2006) e doutorado em Engenharia Aeronáutica e Mecânica pelo Instituto Tecno-

lógico de Aeronáutica (2011). Atualmente é Professor Adjunto da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, localizada no Campus CIMATEC do SENAI Bahia, onde coordena o curso de Engenharia Mecânica. Tem experiência na área de Usinagem, com ênfase em Fresamento em 5 Eixos e usinabilidade, atuando principalmente nos seguintes temas: CAM, fresamento, fresamento em 5 eixos simultâneos, modelagem geométrica para fresamento em 5 eixos simultâneos e usinabilidade de ligas de titânio e aços inoxidáveis.

Hélio Vitoriano Nobre Júnior 85

Possui Graduação em Farmácia pela Universidade Federal do Ceará (2001), Mestrado em Farmacologia pela Universidade Federal do Ceara (2003), Doutorado em Farmacologia pela Universidade Federal do Ceara (2005) e Pós-Doutorado (2008) em Farmacologia pela mesma instituição. Atualmente é Professor Adjunto e Coordenador da Disciplina de Microbiologia Básica e Aplicada do Departamento de Análises Clínicas e Toxicológicas do Curso de Farmácia da UFC. No âmbito da pós-graduação, é professor orientador no Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Médica do Departamento de Patologia e Medicina Legal da UFC, como orientador de mestrado/ doutorado. Possui Intercâmbio científico com pesquisadores nacionais da Universidade Federal de Pernambuco, da Universidade Federal de Minas Gerais e Universidade Estadual do Ceará. Desenvolve pesquisas na área de sinergismo de drogas antifúngicas com ênfase no Estudo do potencial antifúngico de fármacos com outras indicações terapêuticas. Atua também na área de Bioprospecção de produtos naturais com atividade anti candida e exploração biotecnológica de biomas regionais, bem como, na padronização de testes de sensibilidade e avaliação da resistência de fungos patogênicos. Coordenou e coordena projetos financiados pelo CNPq e FUNCAP.

Hemerson Iury Ferreira Magalhães 85

Doutor em Farmacologia pela Universidade Federal do Ceará (2009). Atualmente é Professor Adjunto I no Departamento de Ciências Farmacêuticas (DCF) na Universidade Federal da Para-

íba (Disciplina de Toxicologia). Tem experiência na área de Farmacologia, com ênfase em cultura de células, Toxicologia de produtos naturais e sintéticos, Oncologia Experimental (atividade citotóxica, genotóxica e antitumoral), Bioprospecção de produtos naturais como fonte de fármacos e exploração biotecnológica de biomas regionais. Desenvolve colaboração em pesquisas na área de sinergismo de drogas antifúngicas. É membro da Sociedade Brasileira de Toxicologia e está como Coordenador geral do Centro de Assistência Toxicológica – CEATOX-PB.

Hougelle Simplício 15

Professor Adjunto da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN). Pesquisador do Instituto Santos Dumont. Graduação: Medicina (UFRN-1999). Residência médica: Neurocirurgia (Hospital Santa Marcelina/SP (MEC e SBN-2006)). Especialização em Neurocirurgia Funcional – Epilepsias e Doença de Parkinson (Hospital Brigadeiro/SP – 2008). Doutorado: Neurologia (Faculdade de Medicina da USP/SP – 2010). Área de interesse: Parkinson, Epilepsias, Dor, Lesão medular e de nervos periféricos, Neurocirurgia funcional, Neuromodulação,

Hugo Saba 59, 281

Gerente de Pós-Graduação na Universidade do Estado da Bahia – UNEB. Possui graduação em Processamento de Dados pela Faculdade Rui Barbosa (1995), Especialização em Computação Científica pela Fundação Visconde de Cairu (FVC) (2003), Mestrado em Modelagem Computacional pela FVC (2005) e Doutorado em Difusão do Conhecimento na Universidade Federal da Bahia (UFBA)(2013), Professor Efetivo da UNEB. Permanente em cursos de Pós-graduações Stricto Sensu lecionando disciplinas Sistemas Complexos, Gestão de Projetos e TI. Tem experiência na área de Ciência da Computação, atuando principalmente nos seguintes temas: modelagem computacional, tecnologias sociais, engenharia de software, gestão de projetos, educação a distância, gestão do conhecimento e difusão do conhecimento. No ambito profissional, vem atuando nos últimos anos como coordenador de projetos de pesquisa e desenvolvimento, junto a Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs)

Isaac Suzart Gomes Filho 33

Professor Titular/Pleno da Universidade Estadual de Feira de Santana. Doutor e Mestre em Odontologia/Periodontia pela Faculdade de Odontologia de Bauru da Universidade de São Paulo. Pós-doutorado em Epidemiologia pelo Instituto de Saúde Coletiva da Universidade Federal da Bahia. Professor do corpo permanente do Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva da UEFS.

Jessica Monroig 133

Servicio de Zoonosis, Hospital Francisco J. Muñiz, Buenos Aires.

Johelle de Santana Passos-Soares 33

Professora Adjunta da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal da Bahia (UFBA), Johelle de Santana Passos-Soares (johpassos@hotmail.com) é cirurgiã-dentista formada pela Universidade Estadual de Feira de Santana-Bahia (UEFS). Titulou-se mestre em saúde coletiva pela mesma instituição e doutora em Saúde Pública pelo Instituto de Saúde coletiva da Universidade Federal do Estado Bahia- Salvador. É pesquisadora do Grupo de Pesquisa Saúde Bucal Coletiva da UFBA e Núcleo de Pesquisa e Prática Integrada em Investigação Multidisciplinar -NUPPIIM--UEFS. Atualmente, compõe o quadro de professores credenciados dos Programas de Pós-Graduação "Odontologia e Saúde" da UFBA e "Saúde Coletiva" da UEFS. Nesses Programas de Pós--graduação têm ministrado as disciplinas de Epidemiologia e de Análise de Dados I para pós-graduandos. Também participa de atividades de iniciação científica e de extensão para estudantes de graduação em odontologia. Atua nos principais temas: epidemiologia das doenças bucais, medicina periodontal, saúde bucal coletiva, síndrome metabólica, osteoporose e baixo peso ao nascer.

José Lamartine de Andrade Lima Neto 153

Professor do IFBA, atua na educação profissional desde 1982. Tenho experiência nas áreas de Robótica, Instrumentação, Au-

tomação e Controle. Construí vários projetos desde circuitos eletrônicos passando pelo primeiro robô da instituição em 1989 até plantas didáticas para estudos de controle de processos. Tenho experiência em gestão acadêmica e administrativa. Implantei sistema de Gestão de Manutenção no IFBA-campus Salvador otimizando a construção, manutenção e acompanhamento dos serviços. Sou Psicólogo cognitivista especialista em Dependência Química e estudante de doutorado em Análise Cognitiva da Difusão do Conhecimento / DMMDC-UFBA (Capes 4).

José Roberto de Oliveira Ferreira 85

Possui graduação em Farmácia pela Universidade Federal de Alagoas (2007), Mestrado em Farmacologia pela Universidade Federal do Ceará (2009) e Doutorado em Ciências, área de concentração Oncologia, pela Fundação Antônio Prudente (2014). Tem experiência na área de Cancerologia Experimental, Farmacologia Celular e Molecular, Dano ao DNA e mecanismos de reparo, Clonagem gênica, Mutagênese sítio-dirigida, Expressão de proteínas e Cultura de células. Atualmente é bolsista PNPD do Departamento de Ciências Farmacêuticas – UFPI desenvolvendo projetos na caracterização celular e molecular de modelos experimentais pré-clínicos de fármacos.

Yamila Romer 133

Médica Infectologista e Microbiologia. Médica infectologista cono orientação em zoonoses e patologias endêmica e tropical. Experiência em trabalho assistencial com pacientes hospitalizados y ambulatórios, no Hospital Muñiz, referente as enfermidades infecciosas da Argentina. Experiência em trabalho de laboratório microbiológico, em diagnóstico e investigação (Leptospiroses, dengue, febre amarela, malária, HIV, etc). Atua no Hospital Francisco J. Muñiz, Buenos Aires.

Leandro Brito Santos 201

Possui graduação em Sistemas de Informação pela Estácio FIB (2007), especialização em Arquitetura de Software e Convergência de Mídias pela UNIJORGE (2009), mestrado em Modela-

gem Computacional e Tecnologia Industrial pelo CIMATEC (2014). Tem Experiência na área de redes de computadores, com ênfase em infraestrutrua, segurança da informção e virtualização. Em arquitetura de software, com ênfase em projetos de software embarcado, usabilidade, aplicativos mobile e Ginga. Em ciências da Computação, com ênfase em Inteligência Artificial, principalmente nos temas: IA, robótica, impressora 3D. Atualmente é estudante de doutorado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial pelo CIMATEC e membro do Grupo de Pesquisa Tecnologia da Informação e Comunicação Aplicadas à Educação e Saúde – TICASE.

Leslie Anttonelli 133

Servicio de Zoonosis, Hospital Francisco J. Muñiz, Buenos Aires

Lynn Alves 257

Atualmente Bolsista de Produtividade Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora do CNPq – Nível 2, possui graduação em Pedagogia pela Faculdade de Educação da Bahia (1985), Mestrado (1998) e Doutorado (2004) em Educação pela Universidade Federal da Bahia. O Pós-doutorado foi na área de Jogos eletrônicos e aprendizagem pela Università degli Studi di Torino, na Itália. Atualmente é professora e pesquisadora do SENAI -CIMATEC- Departamento Regional da Bahia (Núcleo de Modelagem Computacional) e da Universidade do Estado da Bahia e professora visitante do Instituto Tecnológico de Bragança – Mirandela – Pt. Tem experiência na área de Educação, realizando investigações sobre Cultura digital e suas interfaces, especialmente sobre os seguintes temas: jogos eletrônicos, interatividade, mobilidade e educação. Coordena os projetos de pesquisa e desenvolvimento em jogos digitais como: Tríade (FINEP/FAPESB/UNEB), Búzios: ecos da liberdade (FAPESB), Guardiões da floresta (CNPq, FAPESB, Proforte), Brasil 2014: rumo ao Hexa (SEC-Ba), Insitu (SEC-Ba), Industriali (SEC-Ba), Games studies (FAPESB), DOM (SEC-Ba), Janus (SEC-Ba) e Gamebook (CAPES/FAPESB). E organiza e coordena há onze anos o Seminário de Jogos Eletrônicos, Educação e Comunicação – construindo novas trilhas.

Manuel Espinosa 133

Fundación Mundo Sano. Buenos Aires.

Marcelo A. Moret 59, 179

Possui graduação em Bacharelado em Física pela Universidade Federal da Bahia (1991), mestrado em Física pela Universidade Federal da Bahia (1996) e doutorado em Ciências Biológicas (Biofísica) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2000). Atualmente é professor associado – SENAI – Departamento Regional da Bahia, professor titular da Universidade do Estado da Bahia e membro do comitê multidisciplinar da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Tem experiência na área de Física, com ênfase em Física Estatística e Termodinâmica, atuando principalmente nos seguintes temas: computação, protein folding, auto-similaridade, estatística de tsallis e generalized simulated annealing.

Marcio L. V Araújo 59

Doutorando do programa MCTI do Senai CIMATEC com a linha de pesquisa em Sistemas Complexos. É mestre em Modelagem Computacional na Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC em Salvador-BA, fez MBA na FGV-SP e extensão na Ohio University (EUA), graduação em Processamento de Dados pela Faculdade Ruy Barbosa. Experiência na área de Ciência da Computação. Participou do projeto ODI do IEL nacional. Participou das fases de: requisitos, testes e implantação da Portabilidade Numérica do Brasil em conjunto com a Neustar (EUA). Certificado em ITIL v2 e Cobit 4.1. Participou como gerente de projeto de vários sistemas criados para serviços de telecomunicações. Foi gerente da célula de problemas do sistema de Portabilidade Numérica do Brasil e também um dos responsáveis pela arquitetura do sistema. Tem conhecimentos sólidos em processos de desenvolvimento de sistemas, pois já atuou como gerente de projetos na fábrica de software da DBA Engenharia de Sistemas.

Marcus Túlio de Freitas Pinheiro 303

Possui graduação em Física pela Universidade Federal da Bahia, Especialização em Educação e Tecnologia da informação pela Universidade do Estado da Bahia, Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina, Doutor em Ciência da Educação na Linha Currículo e Informação na Faculdade de Educação na da Universidade Federal da Bahia. Atualmente é professor adjunto da Universidade do Estado da Bahia, Coordenador de Pesquisa e Pós Graduação da Unidade Acadêmica de Educação a Distância UNEAD – UNEB. Professor Credenciado no Programa de Pós Graduação do Mestrado Profissional em Tecnologias aplicadas à Educação – GESTEC – UNEB, Parecerista do Comitê de Ética na Pesquisa – Plataforma Brasil-Estácio FIB, Professor nos cursos de engenharia no Centro Universitário Estácio da Bahia. Experiência na área de Educação, Tecnologia e Gestão do Conhecimento onde trabalha com os seguintes temas: tecnologia inteligentes, difusão do conhecimento, educação e tecnologia, educação a distancia, autonomia tecnológica.

Margarete Neves dos Santos Jorge 281

Graduada em Sistemas de Informação pela Universidade do Estado da Bahia (UNEB) e Técnica em Informática pelo Instituto Federal da Bahia (IFBA) desde 2011. Atualmente trabalha como Programadora na Área de Sistemas Especialistas do SENAI / DR / BA CIMATEC em Salvador- Bahia.

Mariana Ferreira Pereira de Araújo 15

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade de Brasília (2002), Mestrado em Ciências da Saúde pela Universidade de Brasília (2005) e Doutorado em Neurociência Emocional e Cognitiva pela Universidade de Toyama (2011). Atualmente é pesquisadora do Instituto Internacional de Neurociências de Natal Edmond e Lilly Safra (IINN-ELS). Tem experiência na área de Neurociências e Fisiologia, com ênfase em cognição de primatas e eletrofisiologia

Martha Ribeiro da Silva 363

Graduandas de Nutrição da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia / Centro de Ciências da Saúde.

Mauricio Ferreira Amaral 201

Atualmente, é estudante de graduação em Sistema de informação pela (Unime) – União Metropolitana de Educação e Cultura, e funcionário da Capgemini exercendo o cargo de programador. Atua na área de Ciência da Computação com ênfase em Desenvolvimento de Software. Em Administração com ênfase em Produções e operações.

Núbia Moura Ribeiro 153

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal da Bahia (1983), mestrado em Química de Produtos Naturais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1987) e doutorado em Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2004). É professora do Instituto Federal da Bahia (cedida à UNILAB) e do Doutorado em Difusão do Conhecimento, em parceria com a UFBA. Foi Diretora do Campus de São Francisco do Conde da UNILAB, Pro-reitora de Pesquisa e Pós-Graduação do IFBA, Coordenadora da câmara Interdisciplina da FAPESB. Tem experiência na área de Química, Educação, Inovação, Propriedade Intelectual e Gestão do Conhecimento, atuando principalmente nos seguintes temas: propriedade intelectual, gestão da inovação, gestão social do conhecimento, educação em química, biodiesel e cromatografia.

Paulo Cirino de Carvalho Filho 33

Possui graduação em Odontologia pela Universidade Estadual de Feira de Santana (2006), mestrado em Imunologia pela Universidade Federal da Bahia (2011) e doutorado em Imunologia pela Universidade Federal da Bahia (2015). Atualmente é Professor Assistente da Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública. Participa do Laboratório de Imunologia e Biologia Molecular do Instituto de Ciências da Saúde (UFBA). Tem experiência na área

de Imunologia, com ênfase em Imunologia das doenças periodontais, atuando principalmente nos seguintes temas: Imunologia, Microbiologia, Bioquímica e Periodontologia.

Peterson Lobato 281

Possui graduação em Ciências da Computação pela Universidade do Estado da Bahia (2016). Atualmente é professor – Vilas Tech Informática Ltda. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Ciência da Computação, atuando principalmente nos seguintes temas: spagobi, moodle, pentaho, business inteligence e ensino a distância.

Renan Moioli 15

Pesquisador no Instituto Internacional de Neurociências Edmond e Lily Safra (IIN-ELS), do Instituto Santos Dumont. Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas (2006), mestrado pela mesma universidade (2008) com ênfase em inteligência artificial e robótica, e doutorado em Ciências Cognitivas pelo Centre for Computational Neuroscience and Robotics na Universidade de Sussex, Reino Unido, onde também atuou como tutor de diversas disciplinas de graduação e pós-graduação. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica e Ciência da Computação, com ênfase em neurociência computacional, processamento de sinais, teoria da informação, e robótica autônoma.

Ricardo Carvalho Rodrigues 229

Possui graduação em Engenharia Química, mestrado e doutorado em Ciências em Engenharia Química pela COPPE/UFRJ. Possui Treinamento em Propriedade Industrial pelos Escritório Europeu e Japonês de Patentes. É Editor da seção de Propriedade Intelectual, Inovação e Desenvolvimento, Revisor e Editor Chefe do periódico Cadernos de Prospecção. Coordena a Disciplina de Prospecção Tecnológica do Mestrado Profissional em Rede Nacional em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação. Ministra as disciplinas de Introdução à Patentes, Prospecção Tecnológica, Patentes como fonte de Informação

tecnológica e Inovação Sistemática – TRIZ do Mestrado em Propriedade Intelectual, Inovação e desenvolvimento do INPI. É pesquisador em propriedade Industrial do INPI desde 2006, atualmente atua como Professor nos programas de Mestrado Profissional e Doutorado em Propriedade Intelectual, Inovação e Desenvolvimento do INPI. É colaborador e participa de projetos de exploração do potencial criativo e Disseminação do Empreendedorismo entre Crianças e Adolescentes no Espaço Ciência Viva.Tem experiência e está envolvido com atividades de ensino e pesquisas nas áreas de Propriedade Industrial, Informação Tecnológica, Teoria da Solução de Problemas Inventivos (TRIZ), Inovação Sistemática e Prospecção Tecnológica.

Renelson R. Sampaio 59

Pós-Doutorado (2010/11), realizado no Departamento de Sociologia da Universidade de Wisconsin Madison com o Professor Erik Olin Wright. Doutorado (1986) na área de Economia da Inovação Tecnológica no Science Policy Research Unit – SPRU, University of Sussex, Inglaterra. Mestrado (1979) em History and Social Studies of Science – University of Sussex, Inglaterra. Pós-Graduação (1974-75) em Física-Matemática – UnB, e Bacharelado em Física (1973) – Departamento de Física da UFMG. Atuou na área de planejamento e políticas públicas em ciencia e tecnologia, na Secretaria de Tecnologia Industrial – STI (1981/82), na Assessoria de Planejamento da Presidência do CNPq (1982/85) e no Ministério de Ciência e Tecnologia – MCT (1985/88). No período 1998 – 2006, quando atuou no Instituto Euvaldo Lodi – IEL/BA, foi responsável pela concepção e desenvolvimento do sistema da RETEC – Rede de Tecnologia da Bahia. A RETEC é uma rede que integra ofertas e demandas tecnológicas, apoiada pelo IEL Nacional foi implantada em vários estados da federação. Participou também, em 2002, do grupo de trabalho de criação do SBRT – Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, patrocinado pelo MCT – Ministério de Ciência e Tecnologia. A RETEC/BA atua integrada no SBRT. Presentemente é pesquisador na Faculdade SENAI CIMATEC, Salvador/BA, sendo professor permanente no Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia Industrial e no programa de Mestrado e Doutorado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial. Professor Colaborador no Programa de Doutorado Multi-institucional

e Multidisciplinar em Difusão do Conhecimento – DMMDC, liderado pela UFBA. Trabalhos de pesquisa nos seguintes temas: Geração e difusão de conhecimento em processos de inovação nas organizações; Modelagem computacional utilizando dinâmica de sistemas para análise de competitividade de aglomerados industriais (Sistemas Locais de Produção).

Sergio Giamperetti 133

Servicio de Zoonosis, Hospital Francisco J. Muñiz, Buenos Aires.

Simone Seixas da Cruz 33

Professora adjunta da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Possui graduação em odontologia pela Universidade Estadual de Feira de Santana (2000), mestrado e doutorado em Saúde Pública (EPIDEMIOLOGIA) pelo Instituto de Saúde Coletiva da Universidade Federal da Bahia (2008). Tem experiência na área de Saúde Coletiva, com ênfase em Epidemiologia.

Soraya Castro Trindade 33

Professora Titular do Curso de Odontologia da Universidade Estadual de Feira de Santana. Professora do corpo permanente do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia (UEFS), do Programa de Pós-Graduação em Imunologia (UFBA) e do Mestrado Profissional em Saúde Coletiva (UEFS). Graduada em Odontologia pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) e especialista pela mesma instituição. Possui mestrado, doutorado e pós-doutorado em Imunologia pela Universidade Federal da Bahia. É Professora Universidade Estadual de Feira de Santana desde 1997. Participa do Núcleo de Pesquisa, Prática Integrada e Investigação Multidisciplinar (NUPPIIM) – UEFS e do Laboratório de Imunologia e Biologia Molecular (LABIMUNO) do Instituto de Ciências da Saúde – UFBA. Tem experiência na área de Odontologia, com ênfase em Periodontia, Imunologia e Diagnóstico.

Stela Maria Azevedo e Ribeiro 59

Possui graduação em Licenciatura em matemática pela Universidade Estadual de Feira de Santana (1987) e mestrado em Matemática pela Universidade Federal da Bahia (2000). Atualmente professora auxiliar da Universidade Estadual de Feira de Santana, professora titular da Universidade Católica do Salvador e professora da União Metropolitana de Educação e Cultura. Tem experiência na área de Matemática, com ênfase em Álgebra.

Thiago B. Murari 179

Possui graduação em Tecnologia Mecânica pela Faculdade de Tecnologia de São Paulo – Centro Paula Souza (2002) e mestrado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial pelo Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia – SENAI (2012). Atualmente é analista de produto sr – Ford Motor Company Brasil – BA. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em tecnologia mecânica, atuando principalmente nos seguintes temas: variação dimensional, seis sigma e modelagem computacional de sistemas complexos.

Impressão e acabamento

egba
EMPRESA GRÁFICA DA BAHIA

Rua Mello Moraes Filho, nº 189, Fazenda Grande do Retiro
CEP: 40.352-000 – Tels.: (71) 3116-2837/2838/2820
Fax: (71) 3116-2902
Salvador-Bahia
E-mail: encomendas@egba.ba.gov.br