

TECNOLOGIA & CULTURA

Revista do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca
CEFET/RJ | N. 27 | Ano 18 | jan./jun. 2016

TECNOLOGIA & CULTURA



CEFET/RJ - CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO
TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA

Ministério da Educação - MEC
Secretaria de Educação Profissional
e Tecnológica - SETEC

CEFET/RJ - CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO
TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA
TECNOLOGIA & CULTURA - Revista do Cefet/RJ
N.25, Ano 17 - jan./jul. 2015
Tiragem: 300 exemplares
Edição eletrônica: acesso em <http://revistas.cefet-rj.br/>
Av. Maracanã, 229 - Rio de Janeiro/RJ
CEP 20271-110
Telefone geral: (21) 2566-3022 r. 3160
Telefax: (21) 2284-6021
<http://www.cefet-rj.br>
E-mail: revista@cefet-rj.br

Diretor-Geral

Carlos Henrique Figueiredo Alves

Vice-Diretor

Maurício Saldanha Motta

Diretora de Ensino

Gisele Maria Ribeiro Vieira

Diretor de Pesquisa e Pós-Graduação

Pedro Manuel Calas Lopes Pacheco

Diretor de Gestão Estratégica

Marcelo Sampaio Dias Maciel

Presidente do Comitê Técnico-Científico

Marcelo Borges Rocha (Cefet/RJ)

Conselho Editorial:

Adelaide Maria de Souza Antunes (UFRJ/INPI)
Cristina Gomes de Souza (Cefet/RJ)
Luiz Flávio Autran Monteiro Gomes (Ibmec/RJ)
Maria Lucia Alvares Maciel (UFRJ/SBPC/IBICT)
Pedro Manuel Calas Lopes Pacheco (Cefet/RJ)

Comitê Técnico-Científico:

Tecnologia & Sociedade

Marco Braga (Cefet/RJ)
Ana Margarida Campello (Fiocruz)
Carlos Fiolhais (Universidade de Coimbra - Portugal)
Gaudêncio Frigotto (UFF)
Guilherme Cordeiro da Graça de Oliveira (UFRJ)
Heloisa Helena Albuquerque Borges Quaresma Gonçalves (UNIRIO)
Isabel Malaquias (Universidade de Aveiro - Portugal)
Marisa Brandão (Cefet/RJ)
Olival Freire Junior (UFBA)
Pedro Henrique Ribeiro de Souza (Cefet/RJ)
Regina Viegas (Cefet/RJ)

Tecnologia & Gestão

Antonio Pithon (Editor - Cefet/RJ)
Antônio Mauricio Castanheira das Neves (Cefet/RJ)
José Dinis Carvalho (Universidade do Minho - Portugal)
José Luiz Fernandes (Cefet/RJ)
Luis Enrique Valdiviezo Vieira (Uenf)
Marcelo Fonseca Monteiro de Sena (IFRJ)
Rui Manoel Souza (Universidade do Minho - Portugal)

Tecnologia & Inovação

Hector Reynaldo (Editor - Cefet/RJ)
Américo Scotti (Universidade Federal de Uberlândia)
Ari Sauer Guimarães (UFRJ)
Carlos Henrique Figueiredo Alves (Cefet/RJ)
Dayse Haime Pastore (Cefet/RJ)
Ivani de Souza Bott (PUC-Rio)
Marcelo Borges Rocha (Cefet/RJ)
Maurício Motta (Cefet/RJ)

Editoria

Marcelo Borges Rocha

Revisão

Natasha Juliana Mascarenhas Pereira Lago

Biblioteca Central

Angela Carreiro Nolasco

Projeto Gráfico/Diagramação

Divisão de Programação Visual - DPROV
Fernando da Silveira Bracet
Isabela Menezes

Impressão

Setor Gráfico do Cefet/RJ

Observações

Os conteúdos dos artigos publicados nesta revista são de inteira responsabilidade de seus autores. Proibida a reprodução total ou parcial desta obra sem autorização dos autores.

Tecnologia & Cultura. _ Nº 27, Ano 18 (jan./jun. 2016) -
Rio de Janeiro : Centro Federal de Educação
Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2015.
v. : il.; 28 cms.

Semestral
ISSN 1414-8498

I. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso
Suckow da Fonseca

APLICAÇÃO DOS MEDIDORES INTELIGENTES CONTRA PERDAS COMERCIAIS DE ENERGIA	7
Sergio Doarte da Silva	
Denise Baccan de Souza	
José Matias Lemes Filho	
TECNOLOGIA EM ENSINO DE ENFERMAGEM NA MODALIDADE EAD	12
Raul Luiz de Souza Cavalcanti	
Renato Matos Lopes	
Thaís Faggioni	
Luiz Anastácio Alves	
Luiza Rodrigues de Oliveira	
BANCADA DIDÁTICA PARA SIMULAÇÃO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS	18
Isaac Pércles Maia de Medeiros	
Cleiton Rubens Formiga Barbosa	
Francisco de Assis Oliveira Fontes	
Ramon Rudá Brito Medeiros	
Samara Melo Valcacer	
Valério Fernandes Azevedo	
RECONHECIMENTO DE PADRÃO VIA REDE NEURAL SEGMENTADA	25
Luiz Carlos Campos Pedroza	
ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO SOBRE EDUCAÇÃO AMBIENTAL	33
Jorge Luiz Silva de Lemos	
CONVERSÃO OTIMIZADA DE UM POVOAMENTO DE EUCALIPTO EM MULTIPRODUTOS DA MADEIRA	42
Rodrigo Freitas Silva	
Débora Pinheiro Montes	
Gilson Fernandes da Silva	
Mayra Luiza Marques da Silva Binoti	
USINA HIDRELÉTRICA DE ESTREITO: INVESTIGANDO AS MEMÓRIAS DE VIOLAÇÕES DE DIREITOS HUMANOS ..	51
Getúlio Dias Neto	
Roberto Dalmo Varallo Lima de Oliveira	
Glória Regina Pessoa Campelo Queiroz	
ATIVIDADES INVESTIGATIVAS NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES: APRENDENDO CIÊNCIAS EM UM SÍTIO ARQUEOLÓGICO	59
Maria Luiza de Lima Marques	
Cristiane Ramos Teixeira	
Marcelo Scabelo da Silva	
Carlos Roberto Pires Campos	
Eduardo Augusto Moscon Oliveira	

APRESENTAÇÃO

Prezados membros da comunidade acadêmica, servidores e pesquisadores do Cefet/RJ e de universidades e escolas do Brasil: é com satisfação que lhes apresentamos mais um número de nossa revista *Tecnologia & Cultura*, dando seguimento a uma trajetória iniciada há 15 anos.

Importante ressaltar que o esforço empreendido nesta gestão, apoiando os grupos de pesquisa e a pós-graduação do Cefet/RJ, produz seus frutos, gerando pesquisa de qualidade e, consequentemente, mais suporte para nossos cursos *lato* e *stricto sensu*, realimentando um círculo virtuoso, com mais produção acadêmica.

Nossa revista faz parte desse processo, divulgando trabalhos de nossos pesquisadores e de universidades irmãs, apresentando a relevância de nossa instituição para o ensino e a pesquisa no Brasil.

Confiamos no aprimoramento da qualidade das publicações científicas de nosso periódico, cuja classificação Qualis aspiramos elevar a fim de alcançar o padrão das melhores revistas acadêmicas brasileiras.

Reforçamos o desejo de que todos os membros da comunidade do Cefet/RJ e de instituições parceiras considerem os trabalhos divulgados e submetam suas pesquisas a futuras edições de nossa revista.

Boa leitura a todos.

Atenciosamente,

Prof. Carlos Henrique Figueiredo Alves/D.Sc.
Diretor-Geral do Cefet/RJ



APLICAÇÃO DOS MEDIDORES INTELIGENTES CONTRA PERDAS COMERCIAIS DE ENERGIA

Sergio Doarte da Silva

Denise Baccan de Souza

José Matias Lemes Filho

RESUMO: *Smart grid* é a integração de várias tecnologias dentro do setor elétrico, possibilitando que todos os equipamentos da rede estejam interconectados e possam ser acessados e operados remotamente. A implantação dessas redes inteligentes faz com que sejam criadas inúmeras possibilidades e ganhos para as empresas de energia e consumidores. A utilização massiva dessa tecnologia já é realidade em alguns países, entretanto, no Brasil, existem apenas projetos-piloto de utilização das *smart grids*. A aplicação dessa tecnologia de forma generalizada será motivada por diversos fatores, entre eles a necessidade atual e evidente de haver outras formas de geração de energia limpa e distribuída. Este artigo tem como objetivo apresentar algumas possibilidades de aplicação de *smart grids* para reduzir as perdas comerciais de energia no Brasil, cujos indicadores mostram valores expressivos em diversas distribuidoras nacionais.

Palavras-chave: Perdas comerciais. Tecnologia. Energia limpa. *Smart grid*.

ABSTRACT: *Smart grid* is the integration of various technologies in the electricity sector that allow all network devices are interconnected and can be accessed and operated remotely. The implementation of these smart grids makes them created numerous opportunities and earnings for energy companies and consumers. The massive use of this technology is already a reality in some countries, however, in Brazil there are only pilot projects for the use of smart grids, however, applying this across the board technology will be driven by several factors, including the current.

Keywords: *Commercial losses. Technology. Clean energy. Smart grid.*

INTRODUÇÃO

Um dos principais fatores que afetam diretamente a receita de uma distribuidora de energia elétrica são as perdas de energia presentes no sistema. As perdas no setor de distribuição de energia elétrica, de maneira geral, são medidas subtraindo-se a quantidade de energia comercializada a todos os consumidores da energia contratada pela distribuidora num dado período, e podem ser caracterizadas de duas maneiras: técnicas ou comerciais.

Perdas técnicas ocorrem no processo de transformação de tensão para ajustá-la a níveis adequados de transmissão e distribuição, devido às cargas reativas no sistema e aos condutores de energia elétrica decorrentes das limitações nas propriedades físicas dos próprios condutores. Isso ocorre pois, quando uma corrente flui pelo condutor, a movimentação de elétrons ocasiona o aquecimento, que acontece devido à conversão da energia elétrica em energia térmica. A princípio, perdas como essa seriam menos relevantes em sistemas com menor extensão, entretanto, em um país continental como o Brasil, com milhares de quilômetros de linhas de transmissão e distribuição de energia, as perdas representam enorme quantidade de energia convertida em calor ao longo do trecho que percorre. As perdas técnicas não podem ser anuladas, mas o dimensionamento correto dos condutores de acordo com a corrente que por ele fluirá pode amenizar a quantidade de energia perdida pelo aquecimento do condutor, denominado de efeito *joule*.

Já as perdas comerciais, objeto de estudo deste trabalho, são compostas basicamente por inexatidão na medição de energia consumida, furto de energia elétrica e fraudes nos sistemas de medição. Compreende-se por furto de energia elétrica o ato de desvio de energia, de modo que possa ser consumida sem que tenha passado pelo sistema de medição e não é contabilizada na fatura do consumidor. No caso das fraudes, há a medição da energia utilizada na unidade consumidora, entretanto, são feitas adulterações ou são utilizadas técnicas que manipulam o sistema de medição de modo que a energia consumida não é cobrada integralmente do cliente.

O medidor de energia elétrica deve atender ao limite de exatidão definido pelo regulador de metrologia. No Brasil, a classe de exatidão dos medidores é definida pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) na Portaria nº 602, de 9 de novembro de 2012.

Contudo, no caso dos medidores eletromecânicos, o desgaste natural dos componentes com o passar do tempo pode impactar na exatidão destes, causando prejuízos à distribuidora por não contabilizar o total de energia consumida na unidade consumidora.

PERDAS DE ENERGIA NO BRASIL

O percentual de perdas comerciais no Brasil representa uma fatia considerável de toda a energia contratada pelas distribuidoras. Normalmente, os indicadores de perdas comerciais podem variar entre países, entretanto, em países subdesenvolvidos tendem a ser maiores. O país onde são registradas as maiores perdas oriundas de fraudes e furtos é a Índia, onde aproximadamente 34% da energia injetada no sistema é roubada ou dissipada ao longo dos condutores (MACASKILL; MEHROTRA, 2011).

As figuras 1 e 2 são gráficos publicados pela Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (ABRADEE, 2015). A Fig. 1 faz a estratificação das perdas por motivos técnicos em alta, média e baixa tensão e perdas comerciais em média e baixa tensão em todas as distribuidoras do Brasil em 2013. Já a Fig. 2 mostra os valores, em porcentagem, das 31 distribuidoras de energia elétrica que mais tiveram perdas em seu sistema no ano de 2013.



Figura 1: Percentual de perdas técnicas e comerciais de energia em relação a toda energia injetada por todas as distribuidoras do Brasil em 2013



Figura 2: Percentual de perdas em 2013 – as 31 distribuidoras com maior perda percentual

A ORIGEM DOS MEDIDORES INTELIGENTES

Os medidores inteligentes surgiram na Europa com o objetivo de possibilitar a medição do fluxo de energia fluindo nos dois sentidos, fonte-carga e carga-fonte. Os governos pressionaram as empresas de energia na Europa para que ampliassem o uso de fontes de geração de energia que não emitam gases causadores do efeito estufa, o que acontece com a geração a partir da queima de carvão e outros materiais nas termelétricas. A opção mais aceitável foi criar uma maneira de geração de energia elétrica distribuída, principalmente a partir de painéis solares e geradores eólicos na própria unidade consumidora, tarefa que exigiu a modernização dos medidores de energia (STRUGAR, 2013), pois até então eram utilizados somente os medidores eletromecânicos que medem somente a energia que flui no sentido fonte-carga (TOLEDO, 2012). Entretanto, nos moldes regulatórios dos países onde a medição através de medidores eletrônicos já acontece, geralmente, quando a energia não está sendo utilizada na unidade consumidora, pode ser injetada na rede de distribuição após ser contabilizada pelo medidor e o cliente de alguma forma é compensado por isso.

O MEDIDOR INTELIGENTE COMO FERRAMENTA CONTRA AS PERDAS COMERCIAIS NOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA

O desenvolvimento do medidor eletrônico de consumo de energia, também chamado medidor inteligente, contribuiu para que mecanismos de detecção de furtos e fraudes no sistema de distribuição fossem criados e agregados à ferramenta.

Os medidores inteligentes são completamente eletrônicos e permitem que seja instalada uma série de sensores capazes de detectar condições anormais que possam ocorrer em uma possível tentativa de fraudar o sistema de medição ou furto de energia.

Requisitos mínimos de alarme são: tensões (uma ou mais) abaixo de um valor mínimo programável, inversão do circuito de corrente, inversão de circuito potencial, abertura de contato externo (quando existente/suportado), problema no módulo interno de comunicação, abertura da tampa do medidor, ausência de tensão nos sensores físicos (três fases, individualmente), inversão do fluxo de energia, alteração da tarifa programada, *reset* do medidor, detecção de campos magnéticos de origem externa, bateria fraca e *last gasp* (último suspiro – bateria esgotada).

Todo o sensoriamento do medidor pode ser parametrizado possibilitando que a empresa de energia selecione quais sensores devem estar ativos e programar os alarmes quando esses sensores são acionados.

SMART GRID

O *smart grid* é a integração de várias tecnologias que possibilitam que todos os componentes de uma rede estejam interconectados. Suas aplicações em sistemas de energia elétrica podem ser na geração, transmissão, distribuição, mobilidade e consumo de energia.

Em um sistema elétrico inteligente (*smart grid*), os equipamentos contam com recursos de Tecnologia da Informação (TI) e Automação, o que faz aumentar consideravelmente a eficiência operacional destes, trazendo resultados sob vários aspectos (CPFL, 2015).

Existem diversas tecnologias de comunicação possíveis para a criação de redes inteligentes, tais como: WiMAX, PLC, ZigBee, Wi-Fi, ADSL e RF Mesh (CPFL, 2015; RIVERA et al., 2013). O exemplo da Fig. 3 mostra a estrutura básica de uma rede RF Mesh. As redes RF Mesh são constituídas basicamente por concentradores de dados, Access Point, que recebem dados das distribuidoras e os transmitem para os medidores e vice-versa, por repetidores (*re-lays*), que têm a função de ampliar o alcance dos concentradores de dados, e por medidores inteligentes. A intercomunicação entre os medidores de energia, repetidores e concentradores de dados é feita através de radiofrequências, operando em frequências livres de licenciamento, e entre os concentradores de dados e as distribuidoras pode ser feita através de diversas formas de comunicação, seja com ou sem fio.

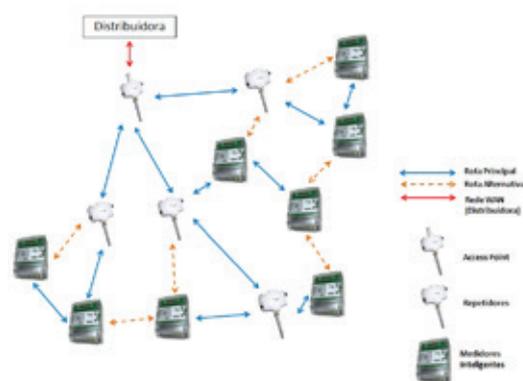


Figura 3: Estrutura de funcionamento de uma rede inteligente

APLICAÇÕES NO COMBATE ÀS PERDAS COMERCIAIS

A utilização das redes sem fio somadas às facilidades da distribuidora em interagir com o equipamento cria inúmeras possibilidades de aplicação dos medidores inteligentes (OPRIS, 2013). Basicamente, quando um ou mais sensores no medidor são acionados, imediatamente é enviado um alarme à distribuidora, que terá a possibilidade de interromper o fornecimento de energia através de um comando remoto que aciona o relé, o qual pode desligar o consumidor da rede elétrica ou deslocar equipes até o local para verificar as instalações.

Como citado anteriormente, os medidores inteligentes devem contar com sensores e alarmes que podem indicar fraudes ou furtos no sistema de distribuição elétrica. A prática mais comum de furto de energia é quando um cliente atendido em baixa tensão realiza a ligação de suas instalações diretamente da rede secundária de distribuição, usufruindo da energia fornecida pela distribuidora sem que haja a medição da energia consumida, o que se conhece popularmente como “gato”.

Na área de concessão da Ampla Energia e Serviços S.A., que tem a concessão da distribuição de energia elétrica em 66 municípios do estado do Rio de Janeiro (RIVERA et al., 2013), os indicadores de perdas comerciais são expressivos, chegando a 18,7% de toda a energia comercializada pela distribuidora em 2008 (RIVERA et al., 2013). A solução encontrada pela empresa para atenuá-los foi desenvolver o método de colocar os medidores de energia que antes estavam nos postes padrão dos clientes em postes de distribuição, dentro de caixas blindadas acopladas nas conexões secundárias dos transformadores de distribuição, de modo que, quando o ramal de ligação sai da caixa blindada, a energia que flui por ele já está sendo medida, dificultando a ligação clandestina na rede de distribuição secundária da distribuidora. Além disso, as informações de consumo do cliente são enviadas via rede sem fio a um dispositivo de interface com o cliente (visor do medidor) no interior da propriedade do consumidor e, simultaneamente, à distribuidora.

A Fig. 4 exemplifica a arquitetura do Sistema de Medição Centralizada da Ampla, onde o CS é onde está a central de medidores junto com o repetidor de sinal, *relay*, e CP é o Access Point, sistema concentrador de dados que os transmite à distribuidora.

Esse método só pode ser desenvolvido e aplicado com o uso das tecnologias de medição inteligente e comunicações. Não há a necessidade de que as informações de consumo sejam obtidas por leituristas, pois estas são enviadas remotamente às distribuidoras.

Outros tipos de práticas podem ser inibidos com a utilização da tecnologia, como: a inversão da polaridade de ligação do medidor, a detecção de campos magnéticos de origem externa causados por ímãs colocados próximos do medidor com o objetivo de prejudicar a medição, abertura do medidor para realizar adulteração deste, entre outros.

As perdas comerciais decorrentes de medição imprecisa também são minimizadas com o uso da tecnologia de medidores inteligentes. A exatidão dos medidores é definida por classes. Por exemplo, os medidores definidos pela NBR 8377 como classe 2 não devem apresentar mais de 2% de erro de leitura (ABNT, 1995). Entretanto, no caso dos medidores eletromecânicos, a faixa de exatidão destes pode ser prejudicada de acordo com a maneira como são transportados ou instalados.

O tempo que os medidores eletromecânicos operam também pode prejudicar a exatidão destes. Atualmente, muitos dos medidores eletromecânicos dos grandes centros urbanos são muito antigos, e o tempo de operação pode ocasionar desgastes, prejudicando a qualidade da medição. Isso não ocorre com os medidores eletrônicos por não contar com mecanismos móveis e, mesmo que venham a ocorrer intempéries que possam prejudicar suas condições de operação, os parâmetros presentes em sua programação enviam o alerta à distribuidora, que pode realizar sua substituição.

Figura 4: Sistema de Medição Centralizada (RIVERA, 2013)



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implantação de redes inteligentes permite que a empresa de energia tenha diversas outras expectativas de ganhos, entre elas a melhoria da qualidade do atendimento, efici-

ência operacional, confiabilidade de dados, eficiência energética, atenuação de picos de consumo, entre outras. A utilização das redes inteligentes será cada vez mais indispensável, considerando a necessidade de utilizar a energia de maneira eficiente e inteligente, e a utilização da geração distribuída em micro e minigeração. Entretanto, se faz necessário o incentivo por parte do órgão regulador de energia elétrica no Brasil, a ANEEL, com regulamentações que favoreçam o investimento das empresas de energia na tecnologia de *smart grid*.

A questão de combate à fraude e furto nos sistemas de distribuição de energia elétrica pode demandar novas tecnologias e atitudes por parte das empresas para que esses atos sejam inibidos, porém, o elevado número desses indicadores em determinadas áreas mostra que o problema necessita, além de tecnologias de combate a essas práticas, de trabalhos sociais por parte das concessionárias de energia e do governo com políticas e programas que permitam o acesso à energia elétrica e outros serviços fundamentais a toda a sociedade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Walter Barbosa Junior, engenheiro de medição da CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz), pelas contribuições fundamentais para a elaboração deste trabalho; a José Aparecido Cavalcante, engenheiro de soluções de manutenção da CPFL; e ao professor José Matias Lemes Filho, pela orientação e dedicação neste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA (ABRADEE). Furto e fraude de energia. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/setor-de-distribuicao/perdas/furto-e-fraude-de-energia>>. Acesso em: 10 jun. 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 8377*: Medidor de energia ativa – especificação. Rio de Janeiro, 1995.
- COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ (CPFL). Smart grid. *O que é?* Disponível em: <<http://www.cpf.com.br/energias-sustentaveis/sites-tematicos/smart-grid/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 13 jun. 2015.
- MACASKILL, Andrew; MEHROTRA, Kartikay. País do “gato”, Índia perde até 1/3 da energia que gera. *Valor econômico*. São Paulo, 9 jun. 2011. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/arquivo/892449/pais-do-gato-india-perde-ate-13-da-energia-que-gera>>. Acesso em: 10 jun. 2015.
- OPRIS, I. et al. On the implementation of the functionalities of smart metering systems. *Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE)*, 8th International Symposium on, p. 1 – 6, 2013.
- RIVERA, C. Experiência da Ampla em Sistemas de Medição Centralizada. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/Arquivos/PDF/AMPLA-Caludio_Rivera.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2015.
- RIVERA, R. et al. Redes elétricas inteligentes (*smart grid*): oportunidade para adensamento produtivo e tecnológico local. *Revista do BNDES*, nº 40, p. 43-84, 2013.
- STRUGAR, V. et al. South East Europe style smart metering: The cost effective solution for an ageing network. *Electricity Distribution, CIRED, 22nd International Conference and Exhibition on*, p. 1-4. 2013.
- TOLEDO, F. *Desvendando as Redes Elétricas Inteligentes*. Rio de Janeiro: Brasport, 2012. p. VIII.

DADOS DOS AUTORES

Sergio Doarte da Silva (sergiodoarte20@gmail.com), estudante do curso de Engenharia Elétrica da Faculdade de Americana (FAM); estagiário na Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), onde atua no setor de Engenharia de Manutenção e Padrões.

Denise Bacchan de Souza, estudante do curso de Engenharia Elétrica da Faculdade de Americana (FAM); técnica em Química pelo Colégio Antares, de Americana.

José Matias Lemes Filho, mestre em Engenharia Elétrica e de Computação pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp); professor do curso de Engenharia Elétrica na Faculdade de Americana (FAM).

TECNOLOGIA EM ENSINO DE ENFERMAGEM NA MODALIDADE EAD

Raul Luiz de Souza Cavalcanti

Renato Matos Lopes

Thaís Faggioni

Luiz Anastácio Alves

Luiza Rodrigues de Oliveira

RESUMO: Pela técnica da análise do discurso, o artigo apresenta e avalia a estrutura de um curso de Suporte Básico de Vida a distância, desenvolvido pela Escola de Saúde da Marinha do Brasil, onde cinco sargentos enfermeiros foram escolhidos aleatoriamente para dar informações acerca da percepção deles a respeito do curso. Utilizou-se a Análise do Discurso Francesa para interpretação de dados. O emprego de recursos tecnológicos por meio da rede mundial de computadores veio facilitar o acesso ao conhecimento para esses militares. O curso Suporte Básico de Vida a distância, via *web*, é pioneiro nas Forças Armadas desde 2006. Sua importância se deve por ser utilizado até os dias atuais, preparando militares para atuação em situações que exijam conhecimento sobre o atendimento emergencial, de acordo com padrões internacionais, às vítimas com risco de vida.

Palavras-chave: Ensino de Saúde. Ensino de Enfermagem.

ABSTRACT: Through the discourse analysis technique, this paper presents and evaluates the structure of a distance learning course of Basic Trauma Life Support developed by the Brazilian Navy's Health School, where five military nurses were randomly selected to provide information about their perception of the course. The French Discourse Analysis was used for data interpretation. The use of technological resources through the World Wide Web has facilitated the access to knowledge by these military. The distance learning course of Basic Trauma Life Support, by *web*, is a pioneer in the military since 2006. Its importance is due to its use until today, preparing military for action in situations that require knowledge about emergency care, according to international service standards, to life-threatening victims.

Keywords: Health education. Nursing Education.

INTRODUÇÃO

Modificações significativas na sociedade foram observadas a partir do momento em que os computadores se tornaram disponíveis nos anos 1950. A forma como a economia passou a ser movimentada, assim como o desenvolvimento das ciências, foram profundamente modificados com o uso dos computadores. (FLYN, 2002). Nesse contexto, apresenta-se a internet que, ao final de 2011, possuía mais de 2 bilhões de usuários em todo o mundo (STATS, 2012). A internet alavanca a economia e a informação *on-line* é cada vez mais produzida e compartilhada (SILVA, 2006). Através da internet, a educação a distância ou ensino a distância, ganhou grande importância (BELLONI, 2009). O Decreto nº 5.622, que regulamenta o Artigo 80 da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, estabelece educação a distância (EAD) 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”. Entretanto, é importante ressaltar que o EAD pode ocorrer de diversas formas: por correspondência, via correio ou *fax*, pelas transmissões por TV ou rádio, por videoconferência, com a utilização de videocassetes, *compact disc* (CD) e *digital versatile disc* (DVD).

Segundo Moran (2007), não se faz educação a distância “passando” uma aula pela televisão ou disponibilizando-a num *site* de internet, seguida de alguns exercícios.

Os processos educativos mediados pelo computador têm estimulado o surgimento de tecnologias para a aprendizagem e a criação de ambientes virtuais por meio de plataformas de interação com suas diversas ferramentas, assim facilitando a comunicação entre alunos e professor e entre os próprios alunos, numa rede de relacionamentos em que o conhecimento é construído e compartilhado.

Um curso a distância não é mais um curso por correspondência unidirecional, em que se enviam livros e textos pelo correio e se espera que o aluno já saiba estudar e aprender (NUNES, 2009). O ensino a distância é voltado especialmente (mas não exclusivamente) para adultos que, em geral, já estão no mundo corporativo e necessitam estudar a fim de completar sua formação inicial ou continuada. Portanto, a partir das ferramentas disponibilizadas em uma plataforma de Ambiente Virtual de Aprendizagem

(AVA), tais como o Moodle ou o TelEduc, o aluno poderá interagir em tempo real com outros alunos e professores no processo de construção do conhecimento. Importante ressaltar que o EAD é um processo fundamental na atualização e aprimoramento dos profissionais do campo da Saúde das diversas Organizações Militares da Marinha do Brasil, em especial daquelas que se encontram em constante embarque marítimo resultante de exercícios e missões militares.

Neste trabalho, apresentamos a construção, a análise e a reformulação de um curso de EAD para profissionais de Enfermagem de nível médio, militares, que atuam na Marinha do Brasil.

O CONTEXTO: A ESCOLA DE SAÚDE DO HOSPITAL NAVAL MARCÍLIO DIAS

A Escola de Saúde do Hospital Naval Marcílio Dias (HNMD), localizada no Rio de Janeiro, foi criada através do Decreto nº 8.316, de 12 de fevereiro de 1979, e integrada ao Sistema de Ensino Naval (SEN) pela Lei nº 5.450 do mesmo ano. Embora vinculada ao SEN, a Escola de Saúde busca equiparar sua formação à legislação educacional civil, uma vez que foi por intermédio do Parecer nº 290/85, da Secretaria Estadual de Educação do Rio de Janeiro, que recebeu seu credenciamento, bem como a autorização de funcionamento. Em 2004, seus cursos de Enfermagem foram cadastrados junto ao Ministério da Educação através do Cadastro Nacional de Cursos Técnicos.

Em 2001, a Diretoria de Ensino da Marinha (DEnsM) iniciou estudos para a implementação do EAD via *web*, criando o Núcleo de Ensino a Distância, atualmente Departamento de Ensino a Distância, responsável pelo planejamento, coordenação e controle das atividades de EAD nas Organizações Militares do SEN. Em 2003, a DEnsM criou o Curso Expedito de Capacitação de Autores e Tutores de EAD com o objetivo de orientar oficiais, praças e civis assemelhados, que atuarão no EAD no exercício de autoria e tutoria de EAD, bem como no desenvolvimento de material didático a ser utilizado em cursos a distância via *web*.

Deve-se ressaltar que a área de saúde militar, que inclui a Enfermagem Militar, difere do meio civil por tratar de problemas associados às atividades de combate e daquelas voltadas para o estudo das consequências de operações prolongadas em meio marítimo e aéreo, bem como em regiões de climas adversos (Antártida e Amazônia), além das resultantes do uso de

armas nucleares táticas e operações conjuntas com outras Forças ou Nações, tanto em treinamento quanto em situações reais. É necessário, portanto, considerar a importância das tecnologias educacionais como fonte de aprendizagem no que diz respeito às discussões realizadas nos ambientes virtuais para a melhoria assistencial em Enfermagem. (XELEGATTI; ÉVORA, 2011).

O curso de Suporte Básico de Vida (SBV) tem como objetivo complementar a qualidade técnico-profissional desses militares, habilitando-os para o exercício das funções que exijam conhecimentos em Suporte Básico de Vida (ou *Basic Trauma Life Support* – BTLS), e trata das sistematizações de atendimento às vítimas em situações de emergência, seguindo padrões internacionais de atendimento a essas vítimas. Tem início com a abordagem de conceitos básicos sobre anatomia e fisiologia humanas, cuidados relacionados com a biossegurança, manobra de ressuscitação cardiopulmonar, Suporte Básico de Vida e o Protocolo START (*Simple Triage and Rapid Treatment*), que se refere ao atendimento com múltiplas vítimas. Está estruturado com uma carga horária total de 60h e duração de cinco semanas, sendo dividido em seis módulos e gerenciado e ministrado pela Divisão de Ensino a Distância da Escola de Saúde do HNMD. Obrigatoriamente, tem uma fase presencial de três dias em tempo integral na Escola. São utilizados três instrutores para a fase a distância e um para a fase presencial, considerando-se grupos de seis alunos na atividade prática.

Para a fase a distância, utilizamos o AVA TelEduc, que:

possibilita uma série de ações em que o aprendizado de conceitos em qualquer área do conhecimento é realizado a partir da resolução de problemas, com o auxílio de outros diferentes materiais didáticos como textos, *softwares*, referências na internet e outros, os quais são disponibilizados para o aluno. (RIBEIRO; LOPES, 2006, p. 77).

Os recursos necessários para que os alunos possam acompanhar o curso na fase a distância são disponibilizados nas respectivas OM ou por agendamento, se forem utilizadas as diversas salas de aula virtuais existentes nas Organizações Militares do SEN. Na fase presencial, a instrutoria utiliza projetores multimídia, manequins instrucionais, manequins vivos maquiados como vítimas em cenários que imitam situações de conflito e dificuldades de resgate.

A avaliação do desempenho de cada aluno durante o curso coube aos instrutores que os acompanharam, e ocorreu por meio da rea-

lização dos exercícios obrigatórios propostos a cada módulo, além de testes e trabalhos em grupo, utilizados também como ferramentas para essa avaliação.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho obteve parecer favorável do Comitê de Ética em Pesquisa do HNMD, sob Parecer nº 024/2008, segundo as normas éticas vigentes no país para pesquisa envolvendo seres humanos (Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, vigente à época). Trata-se de estudo de caso, uma categoria de pesquisa cujo objeto é uma unidade que se analisa profundamente. Pode ser caracterizado como um estudo de uma entidade bem definida, como um programa, uma instituição, um sistema educativo, uma pessoa ou uma unidade social. Visa conhecer o seu “como” e os seus “porquês”, evidenciando a sua unidade e identidade própria. É uma investigação que se assume como particular, debruçando-se sobre uma situação específica, procurando descobrir o que há nela de mais essencial e característico (MARTINS, 2004). A abordagem qualitativa permite que se verifique uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito, que não pode ser traduzido em números (MINAYO, 2010).

A coleta de dados foi realizada através de diferentes etapas e instrumentos, a saber: análise de documentos, alguns utilizados para constituir informações sobre os sujeitos e o cenário da pesquisa; e outros para a coleta de dados – questionários pedagógicos aplicados na fase a distância. A técnica utilizada foi a entrevista semiestruturada, realizada junto a cinco sujeitos da pesquisa com a finalidade de ampliar o discurso destes acerca da fase a distância. Foram utilizados o questionário pedagógico do Departamento de Ensino a Distância da Marinha do Brasil e um roteiro de entrevista elaborado previamente, contendo questões abertas e fechadas. Esses instrumentos diversificados visaram entender as interpretações dos atores envolvidos acerca dos fatos que se apresentassem (LÜDKE; ANDRÉ, 1986).

Tendo em vista os objetivos do trabalho, foi necessário que a pesquisa de campo fosse desenvolvida na Escola de Saúde do HNMD, por ser a única nesta área na Marinha do Brasil. Porém, desde a seleção do tema, a objetividade no trabalho foi buscada para não comprometer

a validade do estudo. Quanto à subjetividade, o constante retorno à teoria serviu de recurso controlador e necessário à fidedignidade da coleta e análise dos dados obtidos. Somado a isto, consideramos a clarificação dos critérios utilizados para seleção de dados, aplicação dos questionários, além da explicitação de como os fatos pesquisados afetaram a pesquisa e serviram de “protetores” da objetividade (LÜDKE; ANDRÉ, 1986).

SUJEITOS DO ESTUDO E COLETA DE DADOS

Os sujeitos da pesquisa foram cinco sargentos enfermeiros, técnicos em Enfermagem, do sexo masculino, com média de dez anos de serviço ativo na Marinha do Brasil, egressos do curso de Suporte Básico de Vida a distância da Escola de Saúde do HNMD, escolhidos aleatoriamente pelo pesquisador. Antes do início das entrevistas, todos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, conforme previsto na Resolução CNS-196/96 já citada, sendo informados acerca dos objetivos da pesquisa, de que em qualquer momento poderiam desistir de participar do estudo sem nenhum prejuízo de qualquer tipo, e também da garantia de sigilo absoluto acerca do que dissessem nos respectivos depoimentos, mediante utilização de um código alfanumérico (S1... S5).

As entrevistas foram previamente agendadas e gravadas com anuência dos participantes, sendo realizadas na Escola de Saúde do HNMD e realizadas no laboratório de informática vinculado à Divisão de Ensino a Distância. Posteriormente, foram transcritas pelo pesquisador e apresentadas a cada participante para que fossem validadas, assim assegurando a fidedignidade daquilo que haviam dito.

Análise dos Dados Coletados

A Análise do Discurso Francesa expõe que “discurso” é uma dispersão de textos transcritos, cujo modo de inscrição histórica será definido como um espaço de regularidades enunciativas, produzidas histórica, política e socialmente. (MAINGUENEAU, 2008).

A análise do discurso é a estratégia de pensamento recorrida, visando a que o discurso dos atores institucionais não seja tratado de maneira “conteudista”, ou seja, como se existisse nele mesmo ou se tivesse uma causa objetiva exterior (OLIVEIRA, 2003, p.120).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentação da categoria para discussão e análise dos discursos:

- Professores e alunos compartilhando conhecimentos durante o curso, na fase a distância

Deve-se considerar que a fase a distância foi analisada levando em consideração as ferramentas de interação tutor vs. aluno, que podem ser acionadas diversas vezes conforme a necessidade do aluno. É uma etapa em que as atividades são estabelecidas para serem desenvolvidas em grupo e apresentadas posteriormente, na fase presencial. As falas apresentadas a seguir referem-se a ambos os aspectos:

“[...] Extremamente importante... é como se fosse na faculdade presencial, você tem que pesquisar e repartir com o grupo e até apresentar, fato esse que me ajudou no curso, porém é... [pausa] a pesquisa ela tem que ser sempre orientada.” (S1);

“Foi muito boa. [...] É uma excelente forma de aprendizagem porque, além de você ter aquele material que você tem na página do ensino a distância, você é obrigado a buscar mais coisas, porque no caso do meu curso, eu tive que fazer um trabalho em grupo, onde eu tive que buscar mais coisas, além do que já estava lá na página para poder apresentar depois.” (S2);

“[...] A pesquisa, quando a gente tem hoje em dia a internet, facilita muito o campo de pesquisa, porém muitas das informações, quando a gente tenta repartir com o grupo na forma virtual, nós não temos a certeza absoluta se todos efetivamente leram a parte pesquisada pelo educando, então a gente fica naquela dúvida: será que o que eu gostaria que eles tivessem visto, eles viram? Eles leram? Ou simplesmente leram sem compreender? Fica uma dúvida.” (S3);

“[...] Eu acho que são três fases. A primeira fase é o aluno com o sistema, no caso, com a sistemática... eu acho que o aluno, se ele absorver, se interessar, ele vai tranquilo. A segunda é o lugar em que ele está; se oferecer para ele algum respaldo técnico, uma logística e aí tanto o horário como o instrumento... o computador! Com rede, isso é importante, senão não funciona; e outra parte é a aceitação do grupo, o grupo também entrar em contato um com o outro, então há aquele link. Aí o aluno fez a parte dele, foi motivado, teve o incentivo daqueles que o liberaram pra cursar e também ele fez a terceira parte que é a sociabilidade num ambiente virtual, que é o fórum. Acho que, nesse momento, é uma das

maiores questões que levam o aprendizado do aluno. Se cortar esse link, aí acabou.” (S4);

“[...] Achei essa dinâmica interessante porque exige de você que realmente pesquise para você poder compartilhar com outro grupo, todos os membros do grupo.” (S5).

Novamente, as falas remetem à questão da forma como se dá o conhecimento, ou seja, a relação entre aquele que aprende e aquele que ensina. Há referência à condição daquele que ensina como, por exemplo, aquele que sabe identificar as dificuldades encontradas na elaboração dos trabalhos em grupo que deverão ser apresentados na fase presencial, como foi explicitado por um dos sujeitos do estudo:

“[...] a pesquisa tem que ter uma orientação no sentido de que seja feita de forma correta, mas a pesquisa é necessária, tem que acontecer, e acho que deveria ser sobre mais assuntos.” (S4).

O ensino a distância possui características importantes: é necessário que haja distância entre professor e aluno; que sejam disponibilizados recursos para que ocorra interação entre ambos; a partir das novas tecnologias de informação e comunicação (TIC), esses espaços devem ser estreitados de acordo com o objetivo do curso, pois o aluno precisa ser acompanhado pelo professor; as interações são necessárias. Assim sendo, mesmo com a possibilidade de o aluno poder gerenciar o aprendizado pela flexibilidade do tempo, o professor deverá interagir, estimulando e questionando esse aluno, sendo esta uma maneira de acompanhar o seu desenvolvimento.

De acordo com Sancho (2006), é necessário que as TIC tornem-se meios de ensino que melhorem os processos e os resultados pedagógicos, e que se coloquem em prática projetos educativos que atualmente respondam às necessidades formativas dos alunos.

A importância do papel do professor está dada na fala do entrevistado – *a orientação de quem já domina o assunto*. Pode-se entender isso a partir do conceito de desenvolvimento potencial, que afirma: “o nível de desenvolvimento potencial se refere àquilo que a criança é capaz de fazer, só que mediante a ajuda de outra pessoa” (REGO, 2000, p. 73). Ou seja, aquele que aprende precisa do discurso de quem é mais experiente, para que consiga dar significado àquilo que está em vias de aprender, até que o conteúdo se torne desenvolvimento real, isto é, aquilo a que o indivíduo já é capaz de dar significado sem ajuda do outro.

A perspectiva discutida acima permite entender a ideia de individualização do processo de construção de conhecimento, numa abordagem inatista, tal como explicitado pelo Sujeito 3:

“Você vai lá nos arquivos que existem da matéria e retira sua própria dúvida ou você envia uma mensagem ao instrutor e ele vai responder.”

Esse papel professor-tutor como mediador pode ser conseguido com a valorização de algo dito na fala do Sujeito 4:

“A sociabilidade num ambiente virtual, que é o fórum. Acho que, nesse momento, é uma das maiores questões que levam o aprendizado do aluno. Se cortar esse link, aí acabou.”

Isso remete à ideia de que a troca de conhecimentos, de discursos, evidencia a proposta de que a construção de conhecimento deve ser coletiva, porque é sempre a partir do significado constituído, a partir da experiência do outro, que se tem certeza de que o conteúdo a ser ensinado é possível de ser aprendido.

Destaque deve ser dado à fala do Sujeito 4, escolhida por ser emblemática no que tange às discussões atuais quando se trata da EAD diante da educação regular, presencial, pois ele identifica o mesmo nível e, logo em seguida, indaga qual seria a finalidade da EAD. A resposta para o questionamento é que a EAD surgiu com a perspectiva de possibilitar acesso ao conhecimento àqueles que não estão em locais possíveis para a realização da educação presencial. Essa é a finalidade do curso analisado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O curso de Suporte Básico de Vida a distância, via *web*, é o único entre as Forças Armadas e Auxiliares nessa modalidade, atendendo não só aos militares da localidade, mas também àqueles embarcados em hospitais distritais.

Os resultados da pesquisa de campo, baseados nas entrevistas, apontam a importância do curso e a oportunidade de adquirir novos conhecimentos por meio do computador. Porém, dificuldades foram encontradas para sensibilizar os Comandos Militares de que, uma vez matriculado, o militar necessita cumprir as atividades do curso cujas regras, mesmo a distância, precisam ser cumpridas sob pena de uma reprovação que poderá comprometer sua carreira militar. Tais dificuldades estavam relacionadas às obrigações com as atividades diárias

a distância, visto que o militar não é destacado de sua OM para cursar, como tradicionalmente ocorre no ensino presencial, exceto para cumprimento de etapa correspondente, e a sua rotina laboral, por vezes, não pode ser comprometida em função da necessidade de um curso a distância.

Considera-se comprovada a relevância do alcance dos objetivos deste estudo, com os reflexos positivos junto à Diretoria de Ensino da Marinha (DEnsM), ao reconhecer a importância para o aprendizado dos militares, e à Diretoria de Saúde da Marinha (DSM), que busca qualificar os militares para uma atuação com resultados eficazes, estimulando a criação de outros cursos na mesma modalidade.

REFERÊNCIAS

- BELLONI, M. L. *Educação a distância*. 5. ed. Campinas: Autores Associados, 2009.
- BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm>. Acesso em: 20 ago. 2014.
- BRASIL. Decreto nº 5.622, de 19 de dezembro de 2005. Regulamenta o art. 80 da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. *Diário Oficial da União*, Seção 1, 20 dez. 2005, p. 1. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2005/decreto-5622-19-dezembro-2005-539654-norma-pe.html>>. Acesso em: 20 ago. 2014.
- FLYN, R. R. *Computer Sciences: Ideas and Peoples*. 1. ed. New York: The Macmillan Science Library, 2002.
- INTERNET WORLD STATS. *Usage and population statistics*, 2012. Disponível em: <<http://www.internetworldstats.com/stats.htm>>. Acesso em: 23 maio 2012.
- LÜDKE, M.; ANDRÉ, Marli E. D. A. *Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986.
- MAINGUENEAU, D. *Gênese dos discursos*. Trad. Sírio Possenti. São Paulo: Parábola Editorial, 2008.
- MARTINS, H. T. S. Metodologia qualitativa da pesquisa. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 30, p. 287-298, maio/ago. 2004.
- MINAYO, M. C. S. *O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde*. São Paulo: Hucitec/Abrasco, 2010.
- MORAN, J. M. *A educação que desejamos: novos desafios e como chegar lá*. Campinas: Papirus, 2007.
- NUNES, I. B. A história da EAD no mundo. In: LITTO, F. M.; FORMIGA, M. M. M. (Org.). *Educação a distância: o estado da arte*. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2009.
- OLIVEIRA, L. R. *Sujeito como interface entre a escola que reproduz e que transforma*. 120 p. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- REGO, T. C. *Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da Educação*. 10. ed. Petrópolis: Vozes, 2000.
- RIBEIRO, M. A. S.; LOPES, M. H. B. M. Development, implementation and evaluation of a distance learning course about wound treatment. *Rev. Latino-Am. Nursing*, Ribeirão Preto, v. 14, n. 1, p. 77-84, jan./fev. 2006. Disponível em: <www.eerp.usp.br/rlae>. Acesso em: 20 ago. 2014.
- SANCHO, J. M.; HERNÁNDEZ, F. *Tecnologias para transformar a educação*. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- SILVA, M. (Org.) *Educação on-line*. São Paulo: Loyola, 2006.
- XELEGATTI, R; ÉVORA, Y. D. M. Development of a virtual learning environment addressing adverse events in nursing. *Rev. Latino-Am. Enfermagem*, Ribeirão Preto, v. 19, n. 5, 1181-7 [8 telas]. Disponível em: <<http://www.eerp.usp.br/rlae>>. Acesso em: 28 ago. 2014.

DADOS DOS AUTORES

Raul Luiz de Souza Cavalcanti (prof.raul.cavalcanti@gmail.com), enfermeiro, mestre em Ensino de Ciências, professor do Centro Universitário Celso Lisboa (RJ), membro Sigma Theta Tau International – The Honor Society of Nursing Chapter *Rho Upsilon*, colaborador do Laboratório de Comunicação Celular do Instituto Oswaldo Cruz (IOC – Fiocruz).

Renato Matos Lopes (rmatoslopes@gmail.com), biólogo, doutor em Biociências Nucleares, professor e pesquisador em Ensino em Biociências e Saúde no Laboratório de Comunicação Celular do Instituto Oswaldo Cruz (IOC – Fiocruz).

Thais Faggioni (tfaggioni@gmail.com), bióloga, mestre em Ciências, professora da UNIRIO, doutoranda em Biociências e Saúde no Instituto Oswaldo Cruz (IOC – Fiocruz).

Luiz Anastácio Alves (alveslaa@gmail.com), médico, doutor em Biofísica, pesquisador titular e fundador do Laboratório de Comunicação Celular do Instituto Oswaldo Cruz (IOC – Fiocruz) e coordenador do programa de pós-graduação *lato sensu* de Ensino em Biociências e Saúde no mesmo instituto.

Luiza Rodrigues de Oliveira (luiza.oliveira@gmail.com), psicóloga, doutora em Educação, professora do curso de Psicologia da Universidade Federal Fluminense (UFF), professora dos programas de pós-graduação *stricto sensu* em Ensino de Ciências e em Psicologia da UFF.

BANCADA DIDÁTICA PARA SIMULAÇÃO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Isaac Péricles Maia de Medeiros

Cleiton Rubens Formiga Barbosa

Francisco de Assis Oliveira Fontes

Ramon Rudá Brito Medeiros

Samara Melo Valcacer

Valério Fernandes Azevedo

RESUMO: A produção de energia a partir dos raios solares é bastante promissora por ser limpa, silenciosa e com baixos impactos visuais. A grande desvantagem é a baixa conversão em energia elétrica para painéis fixos. Utilizando uma bancada para simulação de painéis fotovoltaicos (PV) proporcionou-se a simulação da inclinação dos raios solares no ciclo diário. Para minimizar esse problema de desempenho, fez-se uso de PV manual com articulação de zenital, isso para acompanhar a máxima incidência solar e aumentar a produção de energia elétrica. Para tal, usa-se uma bancada para simulação em um circuito fechado. Essa análise baseia-se na corrente elétrica com geração de informação. Além de propiciar uma reflexão sobre a eficiência desse tipo de sistema, a análise visou estabelecer o grau de máxima incidência solar, que é de 0° a 90° (nascente) e 90° a 180° (poente). Por fim, apresentaram-se os resultados da geração de corrente elétrica obtida pelo suporte fixo, fazendo, assim, uma comparação com o referencial teórico e os dados conseguidos experimentalmente no estudo.

Palavras-chave: Análise. Energia fotovoltaica. Inclinação.

ABSTRACT: The production of energy from sunlight is very promising because it is clean, quiet and with low visual impact. The big disadvantage is the low conversion of solar energy into electricity using fixed panels. Using a simulation bench for photovoltaic panel (PV), it was possible to afford the simulation of the inclination of the solar rays in the daily cycle. To minimize this performance issue, the PV panel used a joint to manually modify the zenital, so it was possible to track the maximum sunlight incidence and increase the production of electricity. To do this, it uses a workbench for simulation in a closed circuit. This analysis is based on the information about the electric current generation. In addition to providing a reflection on the effectiveness of this type of system, the analysis sought to establish the degree of maximum sunlight, which is of 0° to 90° (east) and 90° to 180° (west). Finally, it was presented the results of the generation of electric current obtained by the fixed support, thus making a comparison with the theoretical and the experimental data obtained in the study.

Keywords: Analysis. Photovoltaic energy. Inclination.

INTRODUÇÃO

Um dos paradigmas atuais da formação é como uma informação pode ser transformada em algo significativo para quem ouve e uma das alternativas de sucesso é a inserção de elementos reais, como protótipos, maquetes e experiências. O presente trabalho produziu uma bancada didática capaz de simular a captação solar para uso como ferramenta facilitadora do ensino.

Em geral, noções fundamentais sobre energia solar permitem à academia desenvolver práticas para continuar fazendo o de sempre: os professores falando e os alunos ouvindo com um verniz de modernidade. As tecnologias são utilizadas mais para ilustrar o conteúdo do professor do que para criar novos desafios didáticos (MORAN, 2004).

As fontes de energias renováveis (ER) são aquelas cuja utilização e também o uso são renováveis, permitindo que se mantenha e se aproveite, ao longo do tempo, sem possibilidade de esgotamento, dessa mesma fonte (MEDEIROS et al., 2015 e ELDIN; ABD-ELHADY; KANDIL, 2015). Pode-se citar, como exemplo: biomassa, eólica e energia dos oceanos, como formas indiretas de energia solar (PINHO; GALDINO, 2014).

A energia fotovoltaica está se tornando um dos campos de pesquisa mais dinâmicos, bem como um mercado cada vez mais importante na produção de energia elétrica no Brasil e no mundo. A partir da energia solar, captada pelas células fotovoltaicas, pode-se produzir energia elétrica de forma limpa, renovável e com grande diminuição das linhas de transmissão de energia, podendo ser empregada em regiões remotas onde se tem abundância da energia solar.

O grande desafio na implementação dessa tecnologia está ligado à baixa eficiência apresentada por ela, quando a comparamos com outros meios de geração de energia elétrica. Existem algumas formas de contornar essa deficiência, empregando, por exemplo, um seguidor solar equipado com dois eixos que pode aumentar a eficiência do sistema de conversão de energia 5% e 30%, sendo uma solução comumente empregada para aumentar a eficiência energética do equipamento.

OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo criar uma ferramenta para facilitar o entendimento dos es-

tudantes quando o assunto energias renováveis (solar) for lecionado na academia. Para tal, foi construída uma bancada didática para que várias grandezas sejam analisadas, como: tensão, corrente gerada e carga. Para analisar visualmente todas essas grandezas, precisamos medir essa informação. Neste caso, haverá como parâmetro o ângulo de inclinação para realizar testes de corrente elétrica variando limitações na captação de energia solar para comprovar a geração de energia.

ENERGIA TÉRMICA SOLAR

Segundo Villalva e Gazoli, (2012), a energia do sol pode ser aproveitada como fonte energética para a produção de energia elétrica, usando-se um sistema fotovoltaico (PV), que consiste na conversão direta da luz solar em energia elétrica. Tal radiação pode se originar da emissão e da reflexão, ocorrendo em outras superfícies. A quantidade de energia produzida por um sistema PV depende da insolação no local onde é instalado. As regiões Nordeste e Centro-Oeste no Brasil são as que possuem o maior potencial de aproveitamento (ELDIN; ABD-ELHADY; KANDIL, 2015).

Os sistemas fotovoltaicos possuem ângulo fixo de inclinação (GARCIA; BALENZATEGUI, 2004). No entanto, uma célula estática possui limitações na captação de energia solar. Se a célula se movesse em direção à fonte de energia radiante ou luz solar, ela poderia gerar mais energia. Assim, os painéis solares devem ser montados orientados pela *Zenithal* (zenital), segundo Brecl e Topič (2011). Tomando como base essa problemática, o trabalho visa explicar e comparar, de forma didática, os painéis fixos desenvolvidos para simulação no Laboratório de Energia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

METODOLOGIA E ASPECTOS TEÓRICOS

O presente trabalho adotou a seguinte metodologia durante sua execução: medições com objetivo de validar o modelo usado no sistema de bancada para simulação, como pode ser observado na Figura 1.

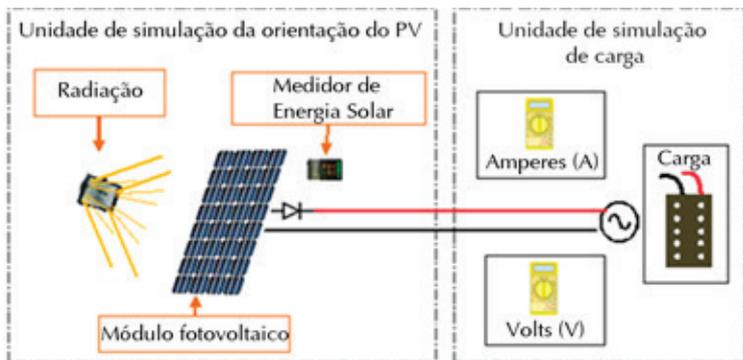


Figura 1: Diagrama da bancada didática de captação solar
 Fonte: Arquivo pessoal

As medições de captação máxima e mínima foram feitas em W/m^2 para que se pudesse avaliar a influência da inclinação na captação de energia. Apresenta-se, na Figura 2, um circuito solar para simulação do sistema fotovoltaico que pode ser medido em diversas variáveis: corrente, tensão, potência, medição de energia solar dependente do valor de insolação em paralelo com diodo e em paralelo com um resistor em série. A Figura 3 representa uma bancada com equipamentos de medição. Uma vez definida a intensidade da luz, é alterada a insolação. O melhor posicionamento do enxame será a solução do problema, ou seja, a captação máxima de energia (YILMAZA et al., 2015).

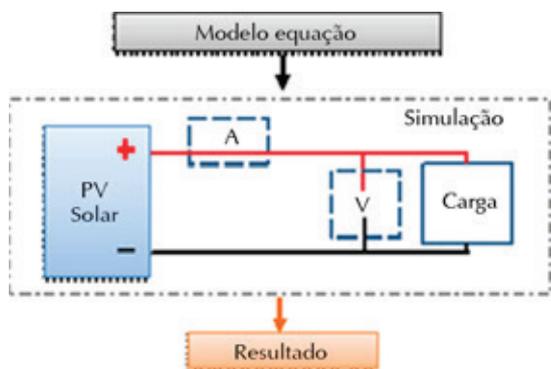


Figura 2: Diagrama de bloco do circuito solar
 Fonte: Arquivo pessoal



Figura 3: Bancada didática para simulação de energia solar
 Fonte: Arquivo pessoal

Com base nos resultados obtidos com o equipamento construído no desenvolvimento do trabalho pode-se analisar a influência da inclinação na captação de energia do sistema, sendo esta a principal contribuição, somando-se a isso o baixo custo de confecção. Pode-se então estabelecer relações entre a inclinação na captação e a quantidade de energia elétrica gerada através da aplicação das PV.

GEOMETRIA SOLAR

As medições serão feitas por um ponto superfície que é estabelecido pela posição do L/S. Há importantes ângulos para radiação solar que são o zenital (θ_z), a altura (α) e o azimute (γ_s) (KOUSSA et al., 2011). Os ângulos são medidos em graus para os cálculos da radiação solar, como está ilustrado nas Figuras 4 e 5. A variação desses ângulos está relacionada com os valores

de radiação solar obtidos. Como se sabe, a energia elétrica produzida por um PV painel é diretamente proporcional à quantidade da radiação solar a que é exposto. O melhor aproveitamento da energia solar ocorre quando o raio incide perpendicularmente ao módulo.

Figura 4: Ilustração dos ângulos com representação da posição do sol em relação ao plano horizontal
Fonte: PINHO; GALDINO, 2014

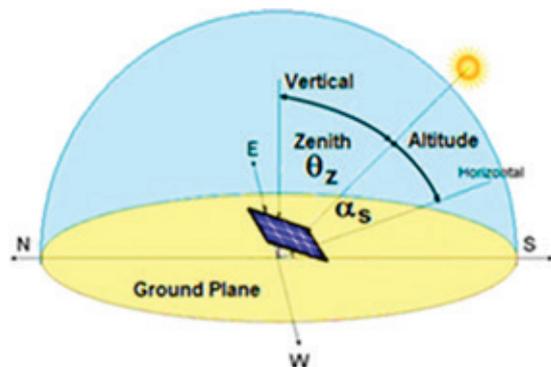
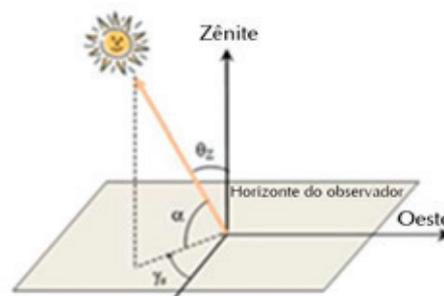


Figura 5: Plano Zenith e ângulos para cálculos de radiação solar
Fonte: PINHO; GALDINO, 2014



Segundo Pinho e Galdino (2014), pode-se representar o ângulo horário solar ou ângulo solar por (ω). Este descreve o deslocamento angular do sol de leste a oeste referenciado pelo meridiano local, devido à rotação da Terra. Sabe-se que, a cada 15° de deslocamento, corresponde uma hora solar (t_s). Por convenção, os valores t_s são negativos, zero e positivos, respectivamente, aos períodos da manhã, meio-dia e tarde (ANEEL, 2005).

$$\omega = (t_s - 12) \cdot 15^\circ \quad (\text{Eq. 1})$$

O ângulo de Zenith (θ_z) é igual, pela manhã, a zero grau ($\theta_z = 0^\circ$) e igual a 90 graus ($\theta_z = 90^\circ$) ao meio-dia. A Equação 2 calcula θ_z em função da declinação solar δ , do ângulo horário ω e da latitude local φ :

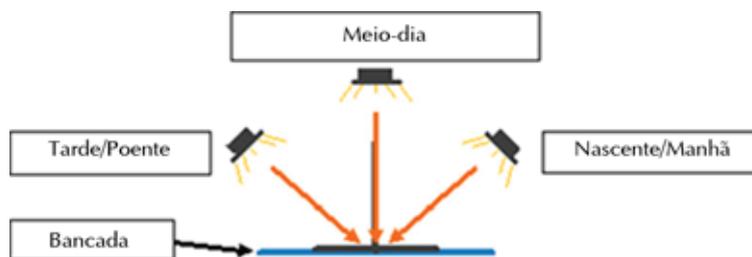
$$\cos \theta_z = \cos \delta \cos \omega \cos \varphi + \sin \delta \cdot \sin \varphi \quad (\text{Eq. 2})$$

Existe uma relação entre o ângulo zenital e a altura (α) apresentada pela Equação 3:

$$90^\circ = \theta_z + \alpha \quad (\text{Eq. 3})$$

Na Figura 6, a bancada didática construída permite, através de um movimento mecânico e manual, um conjunto de posições para o ângulo zenital (θ_z) em relação ao plano da bancada; vale destacar que a altura solar (α) é sempre a mesma. Simulando o sol, foi colocada uma luz de halogêneo que proporciona vários efeitos de iluminação, devido à presença de um variador de luminosidade. A lâmpada possui o IRC (Índice de Reprodução de Cor) de 100%, isso significa uma luz mais real, como a luz que obtemos com do sol.

Figura 6: Bancada de orientação zenital correta do módulo solar
Fonte: Arquivo pessoal



A simulação do efeito da luz foi realizada em três momentos: o primeiro considerando o nascente (manhã), com ângulo zenital de 0° ; o segundo, o meio-dia, com ângulo zenital de 90° ; o terceiro, o poente (final da tarde) com ângulo zenital de 180° . Podemos afirmar, assim, que um observador localizado na superfície e latitude abaixo da linha do equador, quando estiver posicionado no Sul, olhando para o Norte, verá o sol com ângulo ajustável (θ_z) do seu lado direito no período da manhã e do lado esquerdo à tarde. Ao meio-dia, verá o sol exatamente à sua frente (BRECL; TOPIČ, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para comparar e melhorar os sistemas, um modelo teórico tem sido utilizado, relacionando a angulação com a captação solar. Assim como a literatura descreve a célula, módulo ou PV comportamento e operação. Esses modelos utilizam diferentes métodos de cálculo, carga e o número de parâmetros que intervêm na característica de corrente-tensão. Os modelos são diferentes pelo processo de cálculo, carga e o número de parâmetros que intervêm na característica de tensão-corrente ($V-I$) (KOUSSA et al., 2011; MAATALLAH; SOUHEIL; SASSI et al., 2011; GNOATTO et al., 2004).

No trabalho em questão, o circuito elétrico equivalente é regido pela Equação 4, fazendo a relação de corrente-tensão correspondente, porém a Equação 5 é mais intuitiva, porque ela representa o que realmente acontece no circuito. A primeira ação é adotar a direção da corrente para um circuito simples, definindo-a com base na polaridade da fonte. Em seguida, utiliza-se a corrente e um resistor R_1 para atribuir a polaridade da queda de carga de tensão. Aplicando a lei de Ohm,

$$-V_s + I_R \cdot R_1 = 0 \quad (\text{Eq. 4})$$

Portanto, a Equação 5,

$$I_R = \frac{V_R}{R_1} = 0 \quad (\text{Eq. 5})$$

DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO GLOBAL

A eficiência do módulo PV é definida pela relação entre a potência gerada pelo módulo PV e a energia solar incidente sobre o ângulo. Segundo GNOATTO et al., (2004), a eficiência (η_p) é máxima em 90 graus. A eficiência é obtida pela Equação 6:

$$\eta_p = \frac{P_E}{P_R} \Rightarrow \frac{0,0685388}{1,457104} = 4,71\% \quad (\text{Eq. 6})$$

Utiliza-se essa equação para calcular a eficiência do painel fotovoltaico solar em um sistema experimental, gerando eletricidade (ANEEL, 2005).

No procedimento experimental considera-se sempre a insolação em função do tempo. A

insolação é medida em W/m^2 e pode-se estabelecer a seguinte relação: a incidência solar é menor no período da manhã/poente. Isso ocorre porque o ângulo zenital (θ_z) do sol varia de 0° (manhã) a 90° (meio-dia); à tarde, varia de 90° a 180° . A insolação no caso da bancada didática é controlada pela mudança de ângulo que acompanha a carga da corrente. Esse ângulo, após iniciados os experimentos, era variado de 10° em 10° .

Apresentam-se, nas Figuras 7 e 8, as curvas dos módulos fotovoltaicos com diferentes valores para o ângulo zenital (θ_z) de radiação sobre o painel fotovoltaico. A unidade da intensidade de insolação está em W/m^2 , a tensão de saída e a corrente fornecida estão V e mA , respectivamente.

Figura 7: Dados experimentais e de simulação instantânea do PV, tensão em V, incidência de 0° a 180°

Fonte: Arquivo pessoal

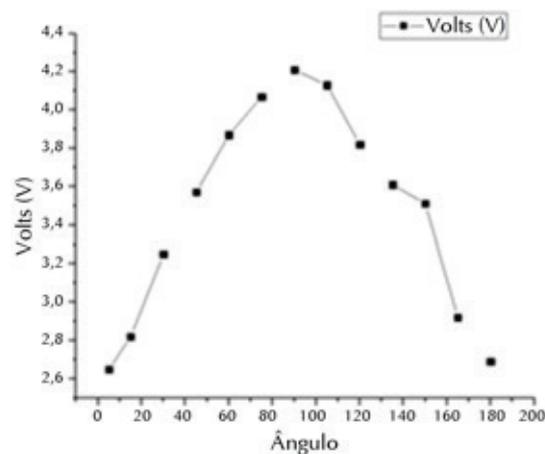
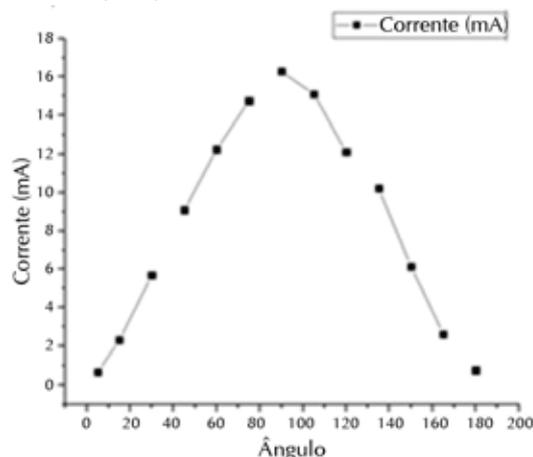


Figura 8: Dados experimentais e de simulação instantânea do PV, corrente em mA, incidência 0° a 180°

Fonte: Arquivo pessoal

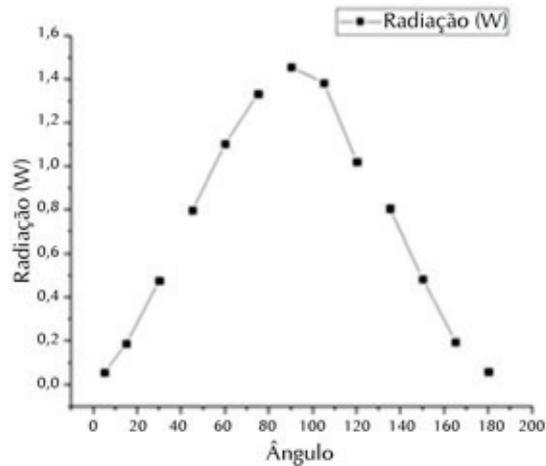


Na Figura 9, verificando o ângulo de inclinação de zenital de 0° a 180° , pode-se observar

que as alterações na irradiação afetam de forma mais expressiva a corrente de saída.

Figura 9: Dados experimentais e de simulação instantânea PV, tensão em W, para incidência de 0° a 180°

Fonte: Arquivo pessoal



A Figura 10 mostra a potência de energia elétrica disponibilizada pela PV em função do ângulo de isolamento, cuja insolação máxima (a 90°) é de 97,4 W/m². A Figura 11 mostra a eficiência global da placa solar em função do ângulo de isolamento.

Figura 10: Potência de saída em W, incidência de 0° a 180°

Fonte: Arquivo pessoal

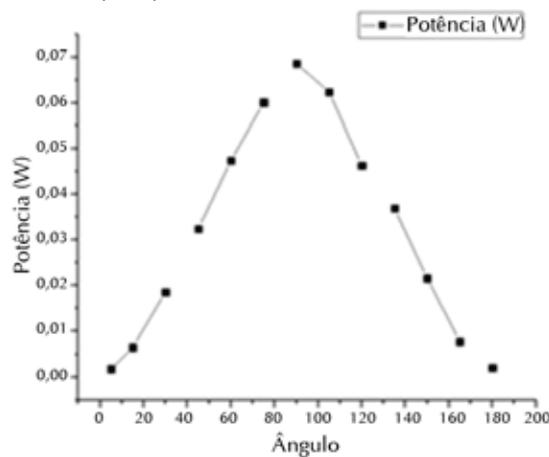
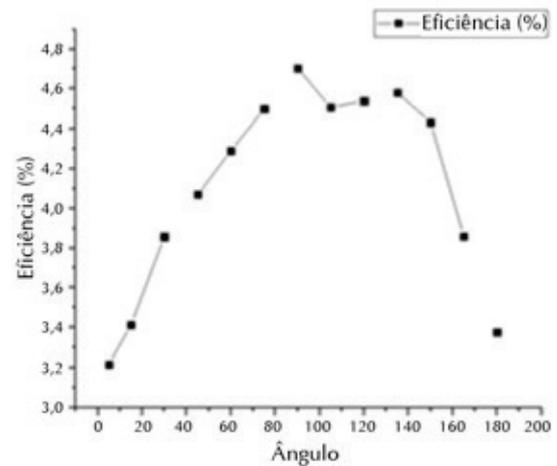


Figura 11: Eficiência global do PV, incidência de 0° a 180°

Fonte: Arquivo pessoal



A eficiência máxima global é de 4,71%. É válido salientar que o comportamento inesperado, para eficiência global, entre os ângulos zenital de 90° a 130° pode decorrer das incertezas de medições e de possíveis erros sistemáticos que podem ocorrer durante o ensaio experimental.

CONCLUSÃO

Neste estudo, com base em seus resultados, foi possível comprovar a eficiência do método de simulação com auxílio de uma bancada didática com a possibilidade de relacionar os seguintes fatores: intensidade de radiação, corrente e carga. Outro elemento que merece destaque é a simplicidade/baixo custo de fabricação, aliado a uma boa precisão, que pode ser comparada com os valores previstos na experimentação. O método proporciona resultados bem mais precisos quando são comparados os resultados com os do método de curva de dois pontos-única, mesmo que as intensidades de irradiação ou temperaturas ambientes sofram alguma alteração. A eficiência máxima global é de 4,71%, em condições reais de escala. Dessa forma, pode-se melhor dimensionar os sistemas fotovoltaicos para o Laboratório de Energia da UFRN, otimizando, assim, a geração de energia elétrica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Capes, pelo suporte financeiro, e ao Laboratório de Energia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, por oferecer toda sua estrutura, equipamentos e servidores para a construção da bancada de ensaio.

REFERÊNCIAS

- ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). *Atlas de Energia Elétrica do Brasil*. 2. ed. Brasília, DF, 2005. p. 243.
- BECHOUAT, Mohcene; SOUFI, Youcef; SEDRAOUI, Moussa; KAHLA, Sami. Energy storage based on maximum power point tracking in photovoltaic systems: a comparison between GAs and PSO approaches, *International Journal of Hydrogen Energy*, 3 jun. 2015, ISSN 0360-3199. Disponível em: <dx.doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.05.008>. Acesso em: 5 dez. 2015.
- BRECL, KRISTIJAN; TOPIČ, MARKO. Self-shading losses of fixed free-standing PV arrays. *Elsevier Energy Policy*, v. 36, 11 nov. 2011, p. 3.211-3.216. Disponível em: <dx.doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.011>. Acesso em: 5 dez. 2015.
- DUFFIE, J; BECKMAN, W. *Solar Engineering of Thermal Processes*. 2. ed. USA: Wiley, 1991.
- ELDIN, S. A.; ABD-ELHADY, M. S.; KANDIL, H. A. Feasibility of solar tracking systems for PV panels in hot and cold regions. *Elsevier Renewable Energy*, v. 85, p. 228–233. Disponível em: <dx.doi.org/10.1016/j.renene.2015.06.051>. Acesso em: 5 dez. 2015.
- GARCIA, A; BALENZATEGUI, J. L. Estimation of photovoltaic module yearly temperature and performance based on Nominal Operation Cell Temperature calculations. *Elsevier Renewable Energy*, v. 29, 12 out. 2004, p. 1.997-2.010. Disponível em: <dx.doi.org/10.1016/j.renene.2004.03.010>. Acesso em: 5 dez. 2015.
- GNOATTO, E.; FERRUZZI, Y.; RICIERI, R. P.; JUNIOR, Miguel M.; OLIVEIRA, Adriana T. E. de. Desempenho de painel fotovoltaico de um sistema isolado. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 5., 2004, Campinas. *Proceedings online...* Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000022004000100043&lng=en&nrm=abn>. Acesso em: 5 dez. 2015.
- KOUSSA, M.; CHEKNANE, A.; HADJI, S.; HADDADI, M.; NOUREDDINE, S. Measured and modelled improvement in solar energy yield from flat plate photovoltaic systems utilizing different tracking systems and under a range of environmental conditions. *Applied Energy*, v. 88, 5 maio 2011, p. 1.756-1.771, ISSN 0306-2619. Disponível em: <dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.12.002>. Acesso em: 5 dez. 2015.
- MAATALLAH, T.; SOUHEIL, E. A.; SASSI, B. N. Performance modeling and investigation of fixed, single and dual-axis tracking photovoltaic panel in Monastir city, Tunisia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 15, 8 out. 2011, p. 4.053-4.066, ISSN 1364-0321. Disponível em: <dx.doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.037>. Acesso em: 5 dez. 2015.
- MEDEIROS, I. P. M.; FONTES, F. A. O.; LIMA, C. M.; BARBOSA, C. R. F.; VALCACER, S. M.; SANABIO, R. G.; DANTAS, V. B. Uso de Sistemas Automatizados para Otimizar a captação de Energia em Painéis Solares, p. 12-19. In: Anais do Congresso Nacional de Matemática Aplicada à Indústria, *Blucher Mathematical Proceedings*, v. 1, n. 1. São Paulo, 2015. Disponível em: <dx.doi.org/10.5151/mathpro-cnmai-0006>. Acesso em: 5 dez. 2015.
- MORAN, José Manuel. Os novos espaços de atuação do professor com as tecnologias. *Conhecimento local e conhecimento universal: diversidade, mídias e tecnologias na educação*. v. 2. Curitiba: Champagnat, 2004.
- PINHO, J; GALDINO, M. A. *Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos*. 1. ed. Rio de Janeiro: Cepel-Cresesb, 2014. p. 530.
- VILLALVA, M. G; GAZOLI, J. R. *Energia Solar Fotovoltaica - Conceitos e Aplicações - Sistemas Isolados e Conectados à Rede*. São Paulo: Editora Érica, 2012.
- YILMAZA, Saban; OZCALIKB, Hasan Riza; DOGMUSA, Osman; DINCERC, Furkan; AKGOLD, Oguzhan; KARAASLAND, Muharrem. Design of two axes sun tracking controller with analytically solar radiation calculations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 43, mar. 2015, p. 997-1005, ISSN 1364-0321. Disponível em: <dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.090> Acesso em: 5 dez. 2015.

DADOS DOS AUTORES

Isaac Pércles Maia de Medeiros (isaacmedeiros.rn@gmail.com), analista desenvolvedor, mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

Cleiton Rubens Formiga Barbosa (cleiton@ufrnet.br), doutor em Engenharia Mecânica, atua no Laboratório de Energia, professor titular do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

Francisco de Assis Oliveira Fontes (franciscofontes@uol.com.br), doutor em Engenharia Mecânica, chefe do Laboratório de Energia, professor titular do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

Ramon Rudá Brito Medeiros (ramonruda@hotmail.com), engenheiro mecânico, mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

Samara Melo Valcacer (samara.valcacer@ifms.edu.br), mestra em Ciências e Engenharia de Materiais, professora assistente do Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (IFMS).

Valério Fernandes Azevedo (valerio.azevedo@ifrn.edu.br), mestre em Engenharia de Produção, professor assistente do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN).

RECONHECIMENTO DE PADRÃO VIA REDE NEURAL SEGMENTADA

Luiz Carlos Campos Pedroza

RESUMO: Reconhecimento de padrão é um problema de grande relevância na área de processamento de sinais. Geralmente, o padrão procurado está deformado e embutido em um outro sinal. Neste artigo, é apresentada uma solução para esse problema a partir de uma nova arquitetura de rede neural que, sendo treinada, a priori, com um padrão-modelo, permite sua autodeformação sistemática à medida que se opera a busca pelo padrão deformado embutido no sinal disponível.

Palavras-chave: Redes neurais. Reconhecimento de padrão.

ABSTRACT: Pattern recognition is a very relevant problem in signal processing area. Generally the searched pattern is distorted and embedded into another signal. In this paper it is presented a solution to this problem through the use of a new neuron network architecture which, trained a priori with the model pattern, allows its systematic distortions while accomplishing its search on the available signal.

Keywords: Neural networks. Pattern recognition.

INTRODUÇÃO

O reconhecimento de padrão é um problema de grande relevância na área de processamento de sinais, em que o padrão procurado está geralmente deformado e embutido em outro sinal (LAI; CHIN, 1995 e LAI; CHIN, 1998). Geralmente, esse problema é abordado, na área de redes neurais, através do uso de redes recursivas (LIPPMANN, 1989a; LIPPMANN, 1989b). No caso, o padrão a ser reconhecido define um atrator na função de energia da rede recursiva. Contudo, devido à dinâmica não linear da rede, o problema de geração desses campos atratores é extremamente complexo, fazendo com que, geralmente, nos casos práticos, o sinal disponível, no qual se opera o reconhecimento, não possa diferir muito do padrão a ser reconhecido (HAYKIN, 1999).

Como indicado em Pedroza, Pedreira e Fariñas (2001), as Redes Neurais Segmentadas (RNS) representam uma nova arquitetura conexionista com performance, no caso de aproximação de funções, equivalente a das redes multicamadas tradicionais. Sua arquitetura foi idealizada para permitir o particionamento do domínio da função a ser emulada, enquanto, dentro desses particionamentos, a função é aproximada por um conjunto de funções de apoio muito simples, muitas vezes lineares. Em outras palavras, a ideia central da RNS é expressar o mapeamento entrada-saída desejado através de uma função segmentada em intervalos. Sua estrutura básica é constituída pela combinação de vários neurônios compostos por funções de aproximação e pertinência. As funções de pertinência definem, em cada trecho do domínio, a participação da função de ativação a essa associada. É possível a ocorrência de sobreposições parciais das funções de pertinência, proporcionando uma maior riqueza do mapeamento pretendido. Desse modo, o problema de aproximação de funções é enfocado especializando-se grupos de neurônios, formados pelos pares anteriormente descritos, que emulam a função geradora em cada setor do domínio. O grau de especialização em um determinado trecho é dado pelo nível da função de pertinência. Por exemplo, em um trecho no qual apenas uma das funções de pertinência assume valor alto, haverá uma dominância da função de aproximação associada a esta.

Devido à sua propriedade de particionamento do domínio de aproximação, à possibilidade de análise da pertinência de cada neurônio

em um ponto do domínio e à simplicidade das funções de ativação, as redes segmentadas permitem uma melhor extração do conhecimento contido na sua estrutura do que as tradicionais (PEDROZA; PEDREIRA; FARIÑAS, 2001). Essa propriedade é de grande valia quando da sua aplicação ao problema de reconhecimento de padrões, pois permite que se proponham transformações na estrutura da rede, previamente treinada com um padrão-modelo, de forma que esta possa ser retreinada, usando-se, então, um conjunto de treinamento obtido do sinal real disponível. Esse retreinamento realizará uma busca, sobre sinal real, de deformações do padrão-modelo.

A ARQUITETURA PROPOSTA

Seja uma rede com m nós ou neurônios. Seja $\{x_i\}_1^n$ a partição dos dados usada para treinamento. Por simplicidade algébrica e de notação, iremos considerar o caso em que $x \in \mathfrak{R}$ (o subscrito de x será omitido), a generalização para o caso onde $x \in \mathfrak{R}^n$ é algebricamente direta. Define-se, para cada ponto x , m funções de pertinência do seguinte modo:

$$B_j(x) = -C_j \left[\frac{1}{1 + \exp(d_j(x - h_j^{(1)}))} - \frac{1}{1 + \exp(d_j(x - h_j^{(2)}))} \right]$$

$, j = 1, \dots, m$

considerando que C_j , d_j , $h_j^{(1)}$ e $h_j^{(2)}$ são parâmetros a serem ajustados. Note-se que o parâmetro C_j reflete o nível da função de pertinência, enquanto d_j está relacionado à declividade dessa função. Os parâmetros $h_j^{(1)}$ e $h_j^{(2)}$ delimitam o setor do domínio no qual a função de aproximação associada a essa função de pertinência é mais ativa (ver figura 1).

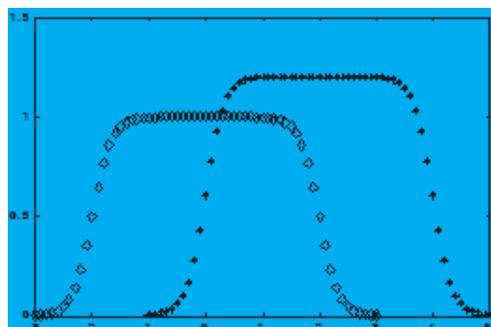


Figura 1 – Exemplos de funções de ativação

◇ $C=1$, $d=6$; $h_j^{(1)} = -2$; $h_j^{(2)} = 2$

* $C=1.2$, $d=6$; $h_j^{(1)} = 0$; $h_j^{(2)} = 4$

As funções de aproximação são tipicamente funções lineares ou quadráticas. Embora funções mais complexas possam ser usadas sem prejuízo da estrutura teórica proposta, não parecem trazer contribuição significativa ao modelo. Considere funções de aproximação lineares, conforme indicado na equação 1:

$$\kappa_j(x) = a_j x + b_j \quad j=1, \dots, m$$

na qual a_j e b_j são os parâmetros a serem estimados. Cada nó, ou neurônio, da rede é constituído de um par {função de pertinência; função de aproximação} (ver figura 2). Então, para cada nó, é necessário que se estimem 6 parâmetros (7, no caso de funções de aproximação quadráticas). Como usualmente, o número de nós indica a complexidade do modelo.

As entradas são conectadas ao nó onde é efetuado o produto da função de pertinência $B_j(x)$ e da função de aproximação $\kappa_j(x)$. A saída da rede é um somatório da saída de cada um desses nós. Note que não há pesos ligando a saída dos nós à saída da rede (veja figura 2). Deste modo, a saída do j -ésimo nó é $B_j(x) \kappa_j(x)$, e a saída da rede é indicada pela equação 2.

$$g^m(x) = \sum_{j=1}^m B_j(x) \kappa_j(x) \quad (2)$$

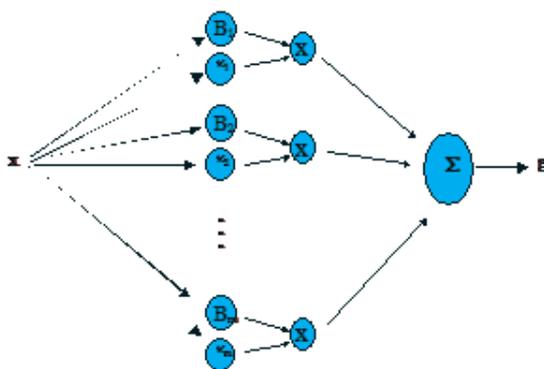


Figura 2 – A arquitetura proposta

Definindo-se $B_{vet}(x) \equiv (B_1(x), B_2(x), \dots, B_m(x))$ e $\kappa_{vet}(x) \equiv (\kappa_1(x), \kappa_2(x), \dots, \kappa_m(x))$ pode-se escrever a saída da rede em forma de produto interno, i.e. $g^m(x) = \langle B_{vet}(x), \kappa_{vet}(x) \rangle$.

O objetivo central é projetar uma rede cuja saída aproxime uma função alvo, $f(x)$, da melhor forma possível. Define-se, então, uma função de erro (equações 3 e 4) como uma combinação convexa do quadrado de duas medidas de erro E_1 e E_2 :

$$E \equiv \alpha \sum_{i=1}^k E_1^2(x_i) + (1-\alpha) E_2^2 \quad (3)$$

onde

$$E_1(x_i) \equiv g^m(x_i) - y(x_i) \quad \text{e} \quad E_2 \equiv 1 - \sum_{j=1}^m C_j \quad (4)$$

O termo E_1 está associado à qualidade da aproximação obtida enquanto E_2 é usado com a finalidade de manter as funções de pertinência limitadas. Na realidade, estão sendo penalizadas soluções nas quais o somatório dessas funções excede 1. A escolha da unidade como valor limitante não é necessária, embora confira mais interpretabilidade aos resultados.

Define-se, para cada neurônio, um vetor de parâmetros $\mathfrak{Z}^j \equiv (C_j, d_j, h_j^{(1)}, h_j^{(2)}, a_j, b_j)$ e o objetivo central será encontrar os \mathfrak{Z}^j ótimos que minimizem a função de erro E . Isso pode ser realizado utilizando-se do gradiente decrescente ou de outro algoritmo análogo.

Em Pedroza, Pedreira e Fariñas (2001), prova-se que o conjunto de funções gerado pela RNS é denso em L_2 . Ou seja, a rede se presta plenamente à aproximação de funções quadraticamente integráveis (NAYLOR; SELL, 1982).

A relação entre a entrada e a saída da rede é aprendida através da variação dos parâmetros que definem as funções de pertinência e de aproximação. Note que as funções de pertinência podem se sobrepor em parte do domínio, permitindo que um determinado ponto seja estimado através de uma combinação ponderada de mais de uma função de aproximação.

Exemplo 1

O exemplo em questão consiste em um conjunto de treinamento de 100 pares obtidos da função $f(x) = \sin(x) + 2$ corroida por um ruído Gaussiano de média zero e desvio padrão .1 definida sobre o intervalo $0 < x < 2\pi$. A configuração inicial da rede é gerada baseada na heurística apresentada em Pedroza, Pedreira e Fariñas (2001). A figura 3 indica a aproximação gerada pela rede.

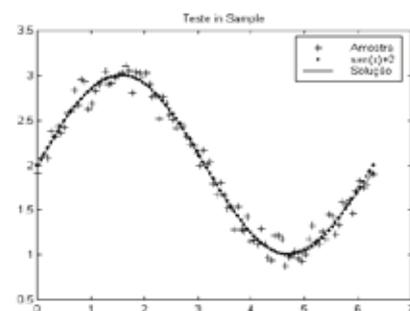


Figura 3 – Aproximação gerada pela rede

ESCOLHA INICIAL DOS PARÂMETROS QUANDO DO APRENDIZADO DE PADRÕES DE IMAGEM

A escolha da estrutura inicial da RNS pode refletir um conhecimento a priori do domínio da função. No caso de aprendizado de funções em \mathbb{R}^2 que representem imagens em preto e branco, pode-se utilizar o seguinte procedimento para gerar a estrutura apropriada e inicializar os parâmetros da rede com a finalidade de acelerar a convergência do processo de aprendizado.

A ideia central da heurística que se segue é realizar uma pré-segmentação do domínio da imagem $D \subset \mathbb{R}^2$ em p subintervalos retangulares $I_j \subset \mathbb{R}^2$, tal que $\bigcup_p I_j \supset D$. Tal segmentação é transposta para a rede criando-se uma RNS com p neurônios na camada escondida, onde cada um desses neurônios tem uma função de pertinência bidimensional conforme indicado na equação 5,

$$B_j(x, y) = -C_j \left[\frac{1}{1 + \exp(d_j(x - h_j^{(1)}))} - \frac{1}{1 + \exp(d_j(x - h_j^{(2)}))} \right] \times \left[\frac{1}{1 + \exp(d_j(y - h_j^{(3)}))} - \frac{1}{1 + \exp(d_j(y - h_j^{(4)}))} \right] \quad (5)$$

com seus parâmetros $h_j^{(1)}, h_j^{(2)}, h_j^{(3)}, h_j^{(4)}$ dados pela bordas dos intervalos I_j definidos pela prévia segmentação de D . O parâmetro d_j é inicializado com um valor alto, geralmente 100, para impedir uma grande influência entre segmentos vizinhos. O parâmetro C_j é fixado definitivamente em um.

A função de pertinência, ilustrada na figura 6, é escolhida como

$$\kappa_j(x) = a_j \quad j=1, \dots, p \quad (6)$$

na qual o valor de a_j representa a média da luminância de todos os pontos no interior do retângulo I_j (onde a luminância vale 1 para os pontos brancos da imagem, 0 para os pontos escuros e valores intermediários para os diversos tons de cinza).

Usando-se desta heurística para montar a rede e inicializar seus parâmetros, tem-se de imediato uma imagem reticulada da imagem real disponível. A partir desse ponto, pode-se aplicar o processo de treinamento proposto na

seção 2 para melhorar a reticularização e aproximação da imagem. Contudo, nos exemplos desenvolvidos neste artigo, verificou-se que os pesos da rede variam muito pouco daí por diante, mostrando que a função de energia das redes assim segmentadas já está muito próxima de mínimos locais. Desenvolveram-se também técnicas de autossegmentar os reticulados disponíveis através da inclusão e retirada sistemática de neurônios da rede, mas esse processo não se mostrou satisfatório quando aplicado no processo de aprendizado de imagem, pois demanda um grande esforço computacional que não se justifica com uma notável melhora na aproximação da imagem.

Note que a heurística de aprendizado possibilitando a economia de grandes recursos computacionais é de grande valia quando do propósito de aprender em tempo real novos padrões de imagem, justificando-se o uso das RNS.

Exemplo 2 – Aprendizado de padrão de imagem

O exemplo em questão consiste em se obter uma RNS que aprenda o padrão da figura 4 usando a metodologia descrita.

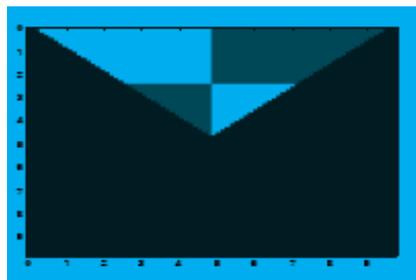


Figura 4 – Padrão

Para uma razoável percepção da imagem, gera-se uma RNS com 6.400 neurônios, reticulando-se o padrão da figura 4 em 80 linhas e 80 colunas perfeitamente espaçadas. Cada I_j então será um quadrado de .0125 de lado e definirá a região de pertinência de um dos neurônios da rede. A figura 5 mostra que o aprendizado obtido pela RNS assim montada é satisfatório.

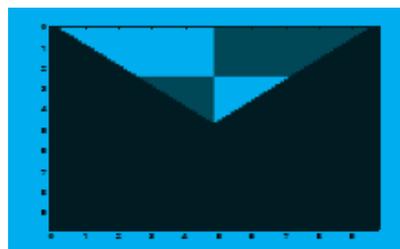


Figura 5 – Padrão aprendido

RECONHECIMENTO DE PADRÃO

Para se entender como proceder o reconhecimento de padrões deformado, observe no Exemplo 1 que, partindo-se da RNS que realize a função $\text{sen}(x)+2$ no intervalo $0 < x < 2\pi$, é possível operar transformações nesta rede de forma que ela aproxime a função $3\text{sen}(2x+4)+5$ no intervalo $-2 < x < \pi-2$. Para isso, basta que se alterem, pela introdução e modificação de sinapses, as funções de aproximação para $3\kappa_j(2x+4)$, as funções de pertinência para $B_j(2x+4)$ e some-se a constante 3 ao neurônio de saída da rede. Essa possibilidade de alteração sistemática dos pesos da rede permite que se gere a aproximação de toda uma família de funções. Tal propriedade, quando aplicada ao problema de reconhecimento de padrão, irá permitir a deformação sistemática de um padrão-modelo de forma que toda uma família do padrão, que na verdade são suas deformações, possa ser descrita pela rede alterada. Em seguida, a rede será retreinada de forma a buscar, dentro dessa família, o padrão deformado que possa estar embutido dentro do sinal disponível para análise.

Seja $M: \mathfrak{R}^m \rightarrow \mathfrak{R}^n$ o mapeamento do padrão-modelo $M(x)$ definido sobre o domínio D na equação 7.

$$D = (x_1, x_2, \dots, x_n) : l_1 \leq x_1 \leq l_2, \dots, l_{n1} \leq x_n \leq l_{n2}, \quad (7)$$

ou, escrevendo de forma simplificada,

$$D = (\mathbf{x} : L_1 \leq \mathbf{x} \leq L_2).$$

Esteja a equação 8

$$P(\mathbf{x}) = \beta_0 M(\sigma_0(\mathbf{x} - \tau_0) - \vartheta) + \lambda_0 \quad (8)$$

representando uma família de padrões deformados definidos sobre o intervalo n dimensional da equação (9).

$$L_1 \leq (\sigma_0(\mathbf{x} - \tau_0) - \vartheta) \leq L_2 \quad (9)$$

Seja $s(x)$ o sinal, que contém o padrão deformado, definido em \mathfrak{R}^n na equação (10) como:

$$\begin{cases} S(X) = \beta_1 M(\sigma_1(\mathbf{x} - \tau_1) - \vartheta) + \lambda_1 & L_1 \leq (\sigma_1(\mathbf{x} - \tau_1) - \vartheta) \leq L_2 \\ S(X) \neq \beta_2 M(\sigma_2(\mathbf{x} - \tau_2) - \vartheta) + \lambda_2 \end{cases} \quad (10)$$

Nas definições

$$\beta_i \in \mathfrak{R}^n \times \mathfrak{R}^n, \sigma_i \in \mathfrak{R}^m \times \mathfrak{R}^m, \tau_i \in \mathfrak{R}^m, \lambda_i \in \mathfrak{R}^n \\ \forall i = \{0, 1, 2\}$$

São operadores lineares que representam as diversas formas de deformações do padrão-modelo.

O problema de reconhecimento de padrão pode ser entendido com a busca de valores ótimos para os operadores de deformação $\mathfrak{S}_0 = (\beta_0, \sigma_0, \tau_0, \lambda_0)$ de forma a encaixar, seguindo uma norma, o padrão-modelo dentro do sinal disponível.

Matematicamente, o problema pode ser definido como a busca de valores ótimos $\mathfrak{S}_0^* = (\beta_0^*, \sigma_0^*, \tau_0^*, \lambda_0^*)$ que minimizem com restrição à norma no problema de minimização, conforme descrito nas equações 11 e 12

$$\|P(x) - s(x)\| \quad (11)$$

sobre o intervalo

$$(\sigma_0^{-1}(L_1 + \vartheta) + \tau_0 \leq \mathbf{x} \leq (\sigma_0^{-1}(L_2 + \vartheta) + \tau_0) \quad (12)$$

Esse é um problema de otimização que pode ser resolvido por diversos modos a partir das escolhas de pontos \mathbf{x} dentro da região de viabilidade dada pela equação 12.

Observa-se que se

$$\begin{aligned} (\sigma_0^{-1}(L_1 + \vartheta) + \tau_0 < (\sigma_1^{-1}(L_1 + \vartheta) + \tau_1 < \\ (\sigma_1^{-1}(L_2 + \vartheta) + \tau_1 < (\sigma_0^{-1}(L_2 + \vartheta) + \tau_0 \end{aligned} \quad (13)$$

o problema apresenta apenas uma solução global

$$\beta_0^* = \beta_1, \sigma_0^* = \sigma_1, \tau_0^* = \tau_1, \lambda_0^* = \lambda_1 \quad (14)$$

Se a condição 13 não for satisfeita, o problema poderá convergir para outras soluções, por exemplo, para $\beta_0 = 0$ e $\sigma_0 = \infty$.

No caso de reconhecimento de imagens em $M: \mathfrak{R}^2 \rightarrow \mathfrak{R}^1$, β_i , são escalares que definem o grau de cinza das imagens,

$$\sigma_i = \begin{bmatrix} \alpha_{1i} \cos \theta_i & \alpha_{1i} \sin \theta_i \\ -\alpha_{2i} \sin \theta_i & \alpha_{2i} \cos \theta_i \end{bmatrix} \quad (15)$$

são matrizes onde α_{1i} , α_{2i} representam as contrações sofridas pelo padrão-modelo em relação aos eixos vertical e horizontal, respectivamente, e θ_i a rotação em relação

ao ponto $\mathcal{G}_i = \begin{bmatrix} \mathcal{G}_{1i} \\ \mathcal{G}_{2i} \end{bmatrix}$ escolhido como origem no eixo de representação do padrão-modelo. O vetor $\tau_i = \begin{bmatrix} \tau_{1i} \\ \tau_{2i} \end{bmatrix}$ contém a informação dos deslocamentos horizontais e verticais desse eixo de representação, enquanto o escalar λ_i representa a translação de todo o padrão de cinza do padrão-modelo para um novo nível médio.

RNS APLICADAS AO PROBLEMA DE RECONHECIMENTO DE PADRÃO

Como já explicado, para se aplicar as RNS na solução do problema de reconhecimento de padrões, o primeiro passo consiste em se treinar a rede com o padrão-modelo que se deseja reconhecer: a função M . Após o treinamento haver gerado uma aproximação satisfatória, o segundo passo consiste em se alterar a RNS já treinada de forma que seus novos parâmetros de treinamento sejam agora $\mathfrak{T}_0 = (\beta_0, \sigma_0, \tau_0, \lambda_0)$. Isso se faz alterando-se as funções de aproximação para $\beta_0 \kappa_j(\sigma_0(\mathbf{x} - \tau_0) - \mathcal{G})$ e as de pertinência para $B_j(\sigma_0(\mathbf{x} - \tau_0) - \mathcal{G})$, adicionando-se o peso sináptico λ_0 ao neurônio da camada de saída da rede. Neste caso, a equação 12 é reescrita na forma da equação 16:

$$P(\mathbf{x}) = \left(\sum_{j=1}^m B_j(\sigma_0(\mathbf{x} - \tau_0) - \mathcal{G}) \beta_0 \kappa_j(\sigma_0(\mathbf{x} - \tau_0) - \mathcal{G}) \right) + \lambda_0 \quad (16)$$

O vetor de parâmetros inicial \mathfrak{T}_0 é escolhido de forma a satisfazer a condição de viabilidade da equação 13.

A próxima etapa consiste em sortear pontos \mathbf{x} que satisfaçam a equação 12 e, utilizando-se de um método de otimização, variar os pesos $\beta_0, \sigma_0, \tau_0, \lambda_0$ a fim de minimizar a norma dada em 11.

EXEMPLOS 3 E 4

Nesta seção, apresentam-se dois exemplos do uso da metodologia proposta. O primeiro aborda a aplicação do método no espaço unidimensional \mathfrak{R}^1 . A função deste exemplo é o de permitir um melhor entendimento do método aplicando-o primeiro ao caso de uma RNS com poucos neurônios na camada escondida e onde os parâmetros $\beta_0, \sigma_0, \tau_0, \lambda_0$ a serem esti-

mados são escalares e a rotação da figura não esteja presente. O segundo exemplo aborda o reconhecimento de um padrão de imagem e se utiliza da rede já aprendida no Exemplo 2, com 64.000 neurônios, para buscar o padrão da figura 4 deformado dentro da imagem da figura 9.

Exemplo 3 – Caso unidimensional

Seja o padrão-modelo

$$M(x) = \begin{cases} 0.95, & 0 \leq x \leq .5 \\ 0.7, & .5 < x \leq 1 \\ 1.9, & 1 < x \leq 1.5 \\ 1.2, & 1.5 < x \leq 2 \end{cases}$$

deseja-se reconhecer esse padrão embutido e deformado no sinal

$$s(x) = \begin{cases} 0.45, & 1 \leq x \leq 1.25 \\ 0.35, & 1.25 < x \leq 1.5 \\ 0.9, & 1.5 < x \leq 1.75 \\ 0.6, & 1.75 < x \leq 2 \\ 0.1\epsilon & \text{caso contrário} \end{cases}$$

onde ϵ é um ruído branco com variância unitária.

O primeiro passo consiste em treinar, a partir do que foi discutido anteriormente, uma rede segmentada para aproximar o padrão-modelo M . A figura 6 mostra o padrão-modelo aproximado pela RNS.

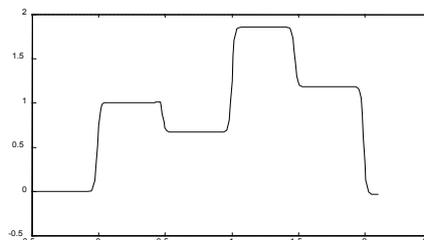


Figura 6 – Padrão-modelo M aproximado pela rede

O segundo passo consiste em se alterarem as funções de ativação e pertinência da rede de forma que esta seja capaz de realizar toda a família de padrões deformados

$$P(x) = \beta_0 M(\sigma_0 x + \tau_0) + \lambda_0$$

O terceiro passo consiste na escolha de valores iniciais para os novos parâmetros da rede

$$\beta_0 = 1, \sigma_0 = 1, \tau_0 = 0, \lambda_0 = 0$$

Para demonstrar a robustez do processo de reconhecimento de padrão, a escolha dos parâmetros iniciais da rede alterada não satisfaz a condição 13, como se pode ver na figura 7, que mostra um instantâneo do processo de busca em uma de suas interações iniciais.

Por último, aplica-se o algoritmo de treinamento para buscar os parâmetros ótimos da rede alterada $\mathfrak{T}_0 = (\beta_0, \sigma_0, \tau_0, \lambda_0)$. No caso, para acelerar o processo, apenas os neurônios na vizinhança de ponto x sorteado em uma determinada interação do algoritmo são levados em consideração para calcular as variações nos parâmetros $\beta_0, \sigma_0, \tau_0, \lambda_0$.

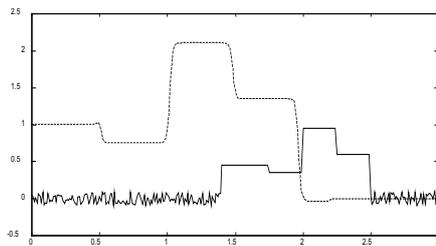


Figura 7 – Padrão-modelo M aproximado pela rede

A figura 8 mostra a convergência final do algoritmo de busca depois de 10k interações e o efetivo reconhecimento do padrão desejado. Observa-se que, mesmo com deformações no padrão e com a não satisfação da condição 13, o algoritmo de busca foi robusto o suficiente para reconhecer o padrão embutido em $s(x)$.

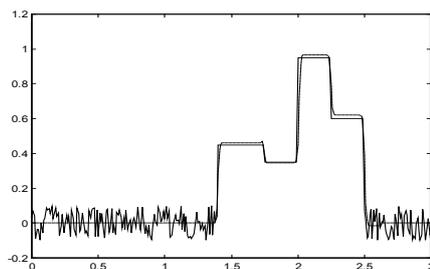


Figura 8 – Final do treinamento $P(x)(-)$ $s(x)(-)$

Exemplo 4 – Reconhecimento de padrão de imagem

Seja a figura 9 que mostra o padrão da figura 4 agora deformado por uma compressão de fator dois, rotacionado de 180 graus e deslocado em ambos os eixos horizontal e vertical. Deseja-se, usando-se a RNS treinada no Exemplo

2, descobrir esses parâmetros de contração, deslocamento e rotação.

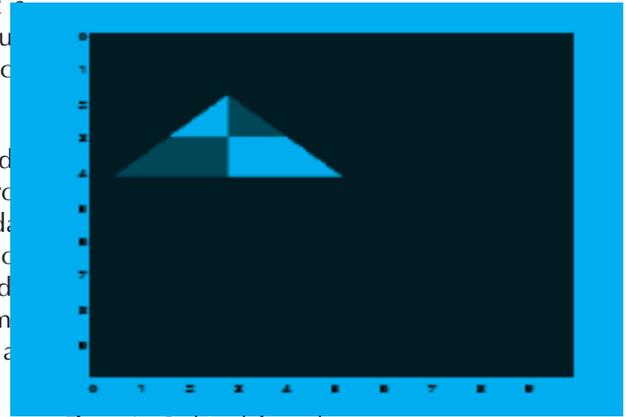


Figura 9 – Padrão deformado

O primeiro passo consiste na alteração das funções de pertinência e ativação da RNS obtida no Exemplo 2 de forma que ela aproxime toda a família de padrão.

$$P(x) = \beta_0 M(\sigma_0(x - \tau_0) - \vartheta) + \lambda_0.$$

Ao se escolherem parâmetros iniciais de treinamento da RNS modificada, fixa-se $\beta_0 = 1$ e $\lambda_0 = 0$, pois se sabe de antemão que não há mudanças no padrão de cinza do modelo e do modelo deformado. Escolhe-se, como eixo de rotação do padrão, o baricentro do triângulo da figura 4 como o baricentro do triângulo

$$\vartheta_i = \begin{bmatrix} 2.4 \\ 4.7 \end{bmatrix}. \text{ O próximo passo consiste na}$$

escolha dos parâmetros variáveis do processo de treinamento. A matriz inicial de contração e rotação é escolhida como:

$$\sigma_i = \begin{bmatrix} 1 \cos(1.1\pi) & 1 \sen(1.1\pi) \\ -1 \sen(1.1\pi) & 1 \cos(1.1\pi) \end{bmatrix},$$

e

o vetor de deslocamento como:

$$\tau_i = \begin{bmatrix} 2.5 \\ 2.5 \end{bmatrix}.$$

Após 10^8 interações consistindo no sorteio de pontos dentro do intervalo dado pela equação 12, a rede reconheceu a contração nos eixos x e y de um fator de 2, a rotação de 180 graus e a nova situação do baricentro próximo

ao ponto $\tau_i = \begin{bmatrix} 3 \\ 3 \end{bmatrix}$, ponto que se observa pela

figura 9 ser verdadeiramente o novo ponto do baricentro do triângulo. Verificando-se o erro de aproximação final neste ponto, constatou-se que foi da ordem de 10^{-4} , erro impossível de se perceber visualmente.

CONCLUSÕES

Neste artigo, baseando-se em uma nova arquitetura de rede neural, foi proposta uma metodologia para efetuar o reconhecimento de padrões embutidos em sinais. No Exemplo 4, mostrou-se como treinar uma RNS para aprender um padrão-modelo. Em seguida, essa informação contida na rede foi utilizada para identificar esse padrão deformado e embutido em um meio ruidoso. No Exemplo 4, aplicouse a metodologia a um problema de reconhecimento de imagem. Nesse caso, a metodologia mostrou-se também bem eficiente. Contudo, é preciso frisar que o tempo de processamento no

reconhecimento se mostrou alto. Não obstante essa grande demanda de tempo, a metodologia ainda parece bem promissora, pois nada impede que a figura seja particionada em várias partes e se entregue cada uma destas a um processamento em paralelo no qual a troca de informação entre os processadores consista na ponderação dos diversos valores $\beta_0, \sigma_0, \tau_0, \lambda_0$ encontrados por cada um deles depois de um *Batch* de processamento. A extração de pontos relevantes na imagem disponível também parece aumentar bastante a eficiência da metodologia.

Quando comparada às técnicas tradicionais de reconhecimento de padrão via redes recursivas, a metodologia proposta apresenta a deficiência de que para cada padrão-modelo a ser procurado é necessário o uso de uma rede treinada, o que, a princípio, acarretaria um acréscimo sistemático no número de neurônios no sistema. Entretanto, como essas redes podem ser trabalhadas por processadores independentemente, essa dificuldade seria compensada pela sistematicidade da metodologia proposta quando do reconhecimento de padrões de imagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HAYKIN, S. *Neural Networks – A Comprehensive Foundation*. 2. ed. New York: Prentice Hall, 1999.
- LAI, K. F.; CHIN, R. T. Deformable Contours: Modelling and Extraction. *IEEE trans. Pat. Anal. Mach. Intell.* V. 17, p. 1084-1090, 1995.
- _____. On Modelling, Extraction, Detection and Classification of deformable Contours from Noise Images. *Image and Vision Computing*. V. 16, p.55-62, 1998.
- LIPPMANN, R. P. Pattern Classification using Neuron Networks. *IEEE Communication Magazine*, V.27, p.47-64, 1989a.
- _____. R.P. Review of Neural Networks for speech recognition. *Neural Computation*, V. 1, p.1-38, 1989b.
- NAYLOR, A.W.; SELL G.R. *Linear Operator Theory in engineering and science*. 2. ed. New York: Springer-Verlag, 1982.
- PEDROZA, L. C.; PEDREIRA, C. E. Multilayer Neural Networks and Function Reconstruction by Using a priori Knowledge. *International Journal of Neural Systems*, V. 9, n. 3, p. 251-256, 1999.
- PEDROZA L.C.; PEDREIRA C.E.; FARIÑAS, M. Local-Global Neural Networks for Interpolation. *Proceedings of V International Conference on Neural Networks and Genetic Algorithms*. V. 1, p. 230-235. Praga, República Tcheca: Springer-Verlag, 2001a.-
- _____. Redes Neurais Locais Globais – Uma aplicação ao problema de dados faltantes. *Anais do V Congresso Brasileiro de Redes Neurais*. Rio de Janeiro, V. 1, p. 433-338, 2001b.

DADOS DO AUTOR

Luiz Carlos Campos Pedroza (luiz.pedroza@cefet-rj.br), doutor em Engenharia Elétrica pela PUC-Rio, professor associado do Cefet/RJ.

ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO SOBRE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Jorge Luiz Silva de Lemos

RESUMO: No Brasil, as questões ambientais conquistaram espaço na educação profissional, cabendo a inclusão desse tópico no nível técnico, formando os futuros profissionais para terem uma atitude crítica em face das crises socioambientais e em prol de uma cidadania ambiental. Nesse cenário, foi realizada, no Cefet/RJ, uma pesquisa teórica empírica, descritiva, com abordagem qualitativa. Como instrumento de coleta de dados, foi aplicado questionário aos discentes de Edificações, Informática, Meteorologia, Eletrônica e Eletrotécnica. O objetivo geral centrou em analisar, no contexto multirreferencial, a percepção de Educação Ambiental dos alunos dos cursos técnicos. Os resultados apontaram que a percepção da Educação Ambiental não é atualizada, voltando-se ainda para uma visão naturalista. Além disso, indicam que é auspiciosa sua implantação no currículo, tendo em vista que os discentes consideram equivocadamente a existência desse conteúdo ao se abordarem questões ambientais em sala de aula.

Palavras-chave: Educação ambiental. Educação profissional. Currículo.

ABSTRACT: In Brazil, environmental issues have conquered their place in professional education and because of that the environmental education has a strong demand to be included within the curriculum of the technical courses. It is expected that this approach contributes for the awareness of future professionals that could act critically towards the socioenvironmental crisis. Based on this scenario, a descriptive research using qualitative instruments was developed and conducted at Cefet/RJ. The instrument adopted to collect data were questionnaire, which were applied to Electronics, Electrotechnics, Computer science, Civil construction and Meteorology high school professional students, also the observation of their concepts about the topic were taken into consideration. The aims focused on the analysis, through a multirreferencial context, of the concepts of environmental education shared by students. The results present that their views of environmental education is outdated and naturalistic. Besides it shows that the implementation of a critical environmental education is auspicious and is still challenging since the perception of dealing with general issues related to the topic is believed to be environmental education instead of working with it in a broad and in depth sense which could empower these future professionals.

Keywords: Environmental education. Professional education. Curriculum.

INTRODUÇÃO

Este trabalho é o *motus* inicial de um estágio pós-doutoral em Valência, Espanha, com o intuito de fazer jus ao apelo da sociedade atual para a obtenção de um olhar holístico para as questões ambientais do século XXI.

A importância dada às questões ambientais vem levando, cada vez mais, à valorização de uma abordagem educacional que interliga conteúdos específicos aos aspectos políticos, econômicos e culturais. Inclusive, ressalta-se que, entre 1960 e 1980, as crises ambientais, o aumento da poluição e a crise energética determinaram profundas mudanças nas propostas das disciplinas científicas em todos os níveis de ensino (KRASILCHIK, 2000). Com isso, os docentes têm um papel estratégico e de suma importância para a implantação da Educação Ambiental (EA) na educação profissional, formando os discentes, futuros profissionais, para uma conduta crítica em face das crises socioambientais, almejando a transformação de comportamentos e práticas sociais, além da formação de uma cidadania ambiental que os mobilize para a questão da sustentabilidade.

A formação de cidadania crítica tem sido preconizada na EA, sendo possível enfocar questões referentes aos impactos ambientais e à conservação ambiental que mobilizam a população no século XXI. Além disso, foi o foco de discussão nas aulas lecionadas pelo autor da presente pesquisa nos cursos de educação profissional em Edificações, Informática, Meteorologia, Eletrônica e Eletrotécnica do Cefet/RJ.

Essa instituição sempre serviu como exemplo no campo da formação técnica, inclusive vale destacar que, em 2013, houve uma reformulação curricular resultando na implantação do ensino integrado de nível médio. Atualmente, há o oferecimento de 11 cursos técnicos, dentre eles supracitados.

Na pesquisa, buscou-se responder às seguintes perguntas:

- qual a percepção de EA pelos alunos de Edificações (2013, 2014 e 2015), Informática (2013 e 2014), Meteorologia (2013 e 2014), Eletrônica (2015) e Eletrotécnica (2015)?;
- os alunos dos cursos mencionados que estudaram no período de 2013 a 2015 também compartilham dessa percepção?;
- houve evolução na percepção de EA pelos alunos que participaram da pesquisa por dois ou três anos de sua formação técnica?

Diante das questões norteadoras acima, o objetivo geral desse trabalho foi analisar, em um contexto multirreferencial, a percepção de EA pelos alunos de Edificações, Informática, Meteorologia, Eletrônica e Eletrotécnica. Já os objetivos específicos são verificar se os alunos que estudaram no período de 2013 a 2015 nos diversos cursos citados também possuem essas percepções, além de averiguar a evolução das percepções da EA dos alunos que foram sujeitos da pesquisa por mais de um ano na formação profissional técnica.

As motivações para este estudo são as abordagens das questões ambientais na formação profissional técnica em Edificações, Informática, Meteorologia, Eletrônica e Eletrotécnica, além da lacuna existente de Educação Ambiental no ensino técnico. Com isso, torna-se pertinente a discussão da visão dos alunos sobre EA.

EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM FOCO

No que se refere à prática pedagógica, observa-se, ainda hoje, o planejamento do ensino como um procedimento desgastado, desvinculado da realidade do processo pedagógico, determinado autoritariamente e resultando em ineficácia.

Entretanto, com a EA, faz-se necessário resgatar o planejamento como uma ação pedagógica essencial, tendo como meta a transformação da sociedade em prol de um mundo mais equilibrado social e ambientalmente.

De acordo com os princípios básicos descritos pela EA, o planejamento das ações torna-se muito mais complexo por ser essencialmente participativo, envolvendo docentes, discentes, segmentos comunitários e agentes sociais em que cada um contribua com sua experiência acumulada, sua visão de mundo e suas expectativas, aflorando contradições que facilitarão a compreensão da realidade vivenciada, possibilitando que os sujeitos envolvidos exerçam a cidadania para a superação dos problemas diagnosticados. Portanto, propicia-se a “ação pedagógica direcionada de forma a se integrar dialeticamente ao concreto do educando, buscando transformá-lo” (LOPES, 1990).

Um dos pressupostos da crise ambiental das sociedades modernas pode ser a fragmentação do saber, ou seja, a perda da noção da totalidade devido ao conhecimento isolado das especificidades. Deve-se ter em mente que o ambiente é inteiro e não fragmentado. Sendo assim, a noção de totalidade e complexidade é

fundamental para a compreensão e para a ação equilibrada no meio.

Torna-se essencial implantar projetos de EA no ensino para as novas gerações em idade de formação de valores e atitudes, assim como para a população em geral. Portanto, a EA tem o importante papel de propiciar a necessária integração do ser humano com o meio ambiente, por meio do processo de reflexão, sensibilização e conscientização, além de motivá-lo a agir diante das questões socioambientais. Portanto, preparar profissionais que tenham, minimamente, formação ambiental torna-se fundamental para realizar um movimento de reflexão e do pensamento moderno da sociedade (MORALES, 2012).

CONCEPÇÃO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

O adjetivo ambiental incorporado à educação, na década de 1970, pressupõe a ideia de que a educação não teria condições de enfrentar os novos problemas surgidos com a modernidade e toda a evolução tecnológica que a caracterizou, caso não tivesse essa preocupação. Assim, a partir de uma educação direcionada especificamente para o meio ambiente, almejava-se encontrar novos caminhos para encarar a questão, que cada vez mais se fazia presente no mundo (LIMA et al., 1999).

Grün (1996, p.21) ainda afirma que “a educação ambiental surge hoje como uma necessidade quase inquestionável, pelo simples fato de que não existe ambiente na educação moderna”.

Na EA, o conceito de meio ambiente busca ultrapassar a ideia de ambiente natural, fugindo da visão naturalista somente, apenas interligado à apologia do verde ou à preservação da fauna e da flora, uma vez que o conhecimento de meio passa fundamentalmente pela busca cotidiana pelo bem-estar social, o qual inclui saúde, cultura, trabalho, lazer, educação; enfim, um conjunto amplo de bens e políticas que definem não apenas um mínimo de subsistência, mas, sobretudo, melhores níveis de qualidade de vida (COSTA, 1999).

Tendo em vista essa afirmativa, pensar a EA numa vertente mais sistêmica que contemple a qualidade de vida, pressupõe ampliar a análise para o meio ambiente de vida de cada ser, já que a temática ambiental abrange questões econômicas, sociais, políticas e culturais, as quais são tratadas tanto em formas quantitativas quanto qualitativas. Assim sendo, o ambiente

se caracteriza por apresentar, em sua essência, uma característica multidisciplinar.

Segundo a Conferência de Tbilisi (1977), citada por Muniz (1999, p.157), afirma, em seu relatório final, o seguinte:

Há hoje um consenso que o meio ambiente envolve o meio ambiente social e cultural tanto quanto o físico, e as análises a partir daí devem considerar as inter-relações entre o ambiente natural, seus componentes biológicos e os fatores sociais e culturais. Mais ainda, os problemas ambientais não são somente aqueles relacionados aos danos ou usos irracionais dos recursos naturais e da poluição. Eles incluem problemas de subdesenvolvimento, como moradias inadequadas e abrigos, más condições sanitárias, desnutrição, gerenciamento e práticas de produção falhas e, numa perspectiva mais geral, todos os problemas que se originam da pobreza. Os problemas ambientais também incluem questões de proteção de heranças históricas e culturais.

Para Meyer (1992), quando relacionados os problemas ambientais ao contexto sócio-histórico, os primeiros passam a ser compreendidos como produto das formas de organização social, no seio da cultura, e deixam de ser “naturalizados, independentes, autônomos, sem sujeito social”.

A escola, como um espaço que fomenta processos de ensino e de aprendizagem, é um espaço privilegiado para a reflexão, discussão e inserção da EA, pois o processo educativo deve começar com a discussão do que representaria um ambiente escolar saudável, ou seja, com a elaboração de questões inerentes à própria escola. Um ambiente saudável de aprendizagem é de fundamental importância para a construção de projetos de EA que se dizem inovadores e voltados para a melhoria da qualidade de vida do aluno.

Nesse encaminhamento, os educadores ambientais (LAYRARGUES, 1999) afirmam a necessidade de a EA ser articulada com o exercício da cidadania. Segundo Araújo e Araújo, 1994 (apud FERREIRA, 1999, p.134): “A cidadania é, pois, uma questão de consciência que só será introduzida no indivíduo se houver uma educação com este fim, a qual deve resultar de uma cooperação responsável entre as pessoas.”.

Portanto, entende-se que a escola deve oportunizar a formação ambiental ao discente, para que tenha condutas adequadas com o seu ambiente e que o respeite como a si mesmo, partindo do conhecimento e comprometimento, visando a uma sociedade mais justa e igualitária,

capacitando-a na tomada de decisões. Segundo Leff (2001), essa formação ambiental está relacionada a assumir o compromisso e a criação de novos saberes e, ainda, estar disposto a discutir novas relações sociais para a produção do saber e as práticas pedagógicas.

É imprescindível que o docente promova a participação do discente, na tomada de posição e entendimento de seus direitos e deveres como cidadão consciente, diante dos problemas ambientais. E é na formação desses discentes, que a inserção da EA pode contribuir com essa reflexão diante de questões socioambientais, bem como contribuir com a própria cidadania. E a EA, como um dos caminhos da educação, oferece ao indivíduo o entendimento da relação existente entre o ser humano e o ambiente, preparando-o para um novo jeito de ver e pensar o mundo, capaz de observar, refletir e agir no meio que o rodeia, sentindo-se como integrante deste. Inclusive vale salientar que Dias (2003) menciona que o livro *Primavera silenciosa*, de Rachel Carson, abordava a perda da qualidade de vida e os efeitos sobre os recursos naturais da utilização exagerada de produtos químicos.

METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa teórica empírica, descritiva, com abordagem qualitativa, almejando a interpretação oriunda das percepções dos sujeitos envolvidos na pesquisa sobre o conceito de EA e a existência desta nos cursos em foco. Vale ressaltar que a sustentabilidade desta pesquisa decorre da busca de construção de conhecimento teórico a partir de dados coletados na realidade estudada (DEMO, 2000).

Para a presente pesquisa, de caráter qualitativa, a abordagem dos sujeitos, alunos de formação técnica, se deu em sala de aula e foi realizada pelo professor, que também é autor deste trabalho acadêmico. Houve uma exposição dos objetivos do estudo e, após o consentimento dos alunos, foi estabelecido que o instrumento inicial de coleta de dados (questionário) seria entregue no início da aula de Biologia e que teriam o tempo necessário para responder dentro das duas horas de aula. Posteriormente, seriam feitas observações ao longo das aulas. Ressalta-se que os participantes desta pesquisa assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e foram informados previamente sobre os objetivos e a importância da pesquisa, bem como de que as informações seriam mantidas em sigilo e anonimato para não identificá-los.

Como fonte de coleta de dados, foi aplicado questionário constituído pela seguinte pergunta aberta: "O que você entende por Educação Ambiental?". Responderam à questão os 135 alunos dos cursos de Edificações, Meteorologia e Informática do Cefet/RJ (2013); os 87 alunos dos cursos de Edificações, Meteorologia e Informática dessa instituição (2014); os 115 alunos dos cursos de Edificações, Eletrônica e Eletrotécnica desse Centro Federal (2015); e por meio de observação assistemática todos os alunos envolvidos na pesquisa realizada no período de 2013 a 2015.

A análise dos dados foi realizada à luz da multirreferencialidade (ARDOÍNO, 1998). Dessa forma, as respostas obtidas por meio do questionário foram analisadas, codificadas e transcritas. Para isso, foi utilizada a técnica de análise compreensivo-interpretativa, proposta por Turato (2010) e a de análise de conteúdo sugerida por Bardin (2009).

A avaliação do material coletado teve como parâmetro o Programa Nacional de Educação Ambiental (ProNEA), que tem como base a Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, em seus dois primeiros artigos, quanto aos critérios que poderão contribuir para o conceito da EA.

Art. 1º Entende-se por Educação Ambiental o processo por meio do qual o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade.

Art. 2º A Educação Ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente, de forma articulada, em todos os níveis e modalidades do processo educativo, em caráter formal e não formal.

Para analisar com exatidão as percepções dos alunos de 2013-2015, segundo o parâmetro citado, foi proposto o Quadro 1 com as seguintes categorias:

CATEGORIAS:

EA é um processo
Indivíduo e a coletividade
Valores sociais
Conhecimentos
Habilidades e atitudes
Competências
Qualidade de vida
Sustentabilidade

Quadro 1: Categorias utilizadas na avaliação da percepção de EA, elaboradas pelo autor da presente pesquisa 2013-2015.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Independentemente da formação profissional dos alunos envolvidos, sabe-se que a questão da qualidade ambiental perpassa por todas as suas fases de processo de atuação e que se deve ter o objetivo de inserir os profissionais no mercado com uma consciência ambiental crítica (LEMOS, 2009).

Diante da importância da questão ambiental, evidencia-se uma certa preocupação com a visão dos 337 alunos dos cursos envolvidos na pesquisa, quando se perguntou sobre o conceito de EA. Revelou-se que 100% dos alunos de 1º ano dos cursos envolvidos apresentaram uma definição associada a uma percepção romantizada da EA, visando apenas à apologetia do verde, como mostram as seguintes respostas: “Influência no comportamento das pessoas para conservar as florestas”; “São noções básicas de conscientização das pessoas para preservação do meio ambiente”; “Tipo de projeto que nos ensina como cuidar e preservar a natureza”; “Conjunto de conceitos e normas que influenciam na atitude do ser humano quanto ao ambiente”. Vale destacar que, na pesquisa, ficou evidente o papel trivial da EA em propiciar a necessária integração do ser humano com o meio ambiente, por meio do processo de uma cultura ambiental que terá como norte uma relação harmoniosa, consciente, do equilíbrio dinâmico na natureza, possibilitando a inserção do educando e do educador como cidadãos no processo de transformação do atual quadro ambiental do nosso planeta, por meio dos novos conhecimentos, valores e atitudes.

No entanto, constatou-se que, apesar da variedade de respostas, há o desconhecimento dos alunos de 1º ano dos cursos mencionados quanto à visão mais sistêmica sobre EA, levando-se em consideração o parâmetro proposto para a análise (Quadro 1). As respostas obtidas enquadram-se na percepção de que a EA tem por tarefa promover a sensibilização e a conscientização de todos os indivíduos, almejando-se que, assim, eles adquiram os conhecimentos e habilidades fundamentais para participar da solução dos impactos ambientais e que sejam competentes para realizar uma mudança em seu conjunto de valores, o que ocasionaria uma nova relação entre o homem e a natureza (MUNIZ, 1999).

Vale frisar, ainda, que alunos citaram a EA como processo e não como atividade pontual, de acordo com as frases: “Constitui uma forma de educação que propõe atingir todos os cidadãos através de um processo permanente pedagógico que ativa sua capacidade crítica sobre os problemas ambientais”; “O processo em

que seu papel é assumir as responsabilidades sobre o meio ambiente”; “Processo que ajuda as pessoas a se conscientizarem sobre o ambiente”. Dessa forma, faz-se necessário pensar em desmitificar que EA só deve ser lembrada em datas comemorativas, como Dia da Árvore, do Meio Ambiente, além de outros exemplos.

Constatou-se que nenhum aluno de 1º ano salientou que uma EA efetivamente comprometida com a sociedade compreende forte instrumentalização para a aquisição da qualidade de vida e da sustentabilidade.

A maioria dos alunos demonstrou que ainda persiste a ideia de que a EA é uma atividade prática pontual e não um processo permanente e contínuo. Do mesmo modo, em relação à categoria competência, pode-se citar o projeto Escola-Bosque em Belém do Pará, o qual demonstra que “outro papel da Escola é a mobilização dos moradores da ilha para identificar suas necessidades e discutir soluções para seus problemas” (FAJARDO, 1998). Logo, os alunos de 1º ano têm que reconhecer a capacidade da escola de desenvolver atividades práticas de EA. De acordo com Lemos (2005), o uso de projeto temático deve ser desenvolvido não apenas como estratégia de ensino de Ciências, visando à alfabetização científica e à construção de uma concepção ambiental importante para formação de cidadãos, mas também como alternativa ao ensino propedêutico, em que os conceitos deixam de ter um fim em si próprios, passando a constituir-se em meios, em instrumentos para a compreensão de temas socialmente relevantes.

Ao perguntar aos alunos de 2º ano (2014) e 3º ano (2015) sobre o que eles entendiam sobre EA, as respostas se distanciaram das encontradas no 1º ano em algumas categorias, como sustentabilidade e qualidade de vida, conforme mostram as seguintes respostas: “Aprender a utilizar os recursos disponíveis para poder viabilizar a sustentabilidade do meio ambiente”; “Educação que estuda o meio ambiente, práticas feitas para diminuir impactos ambientais, entre outros”; “Preservar ao máximo o ambiente em que vivemos para uma melhor qualidade de vida”.

No entanto, observou-se que, assim como ocorrido com os alunos de 1º ano (2013 e 2014), os alunos de 2º ano (2014) e 3º ano (2015) também não apresentaram uma visão sistêmica sobre a EA, levando-se em consideração o parâmetro estabelecido para a avaliação. A visão desses alunos é de que há uma idealização romantizada com o meio ambiente e que, ao sensibilizar as pessoas, estas assumirão uma consciência crítica ecológica.

Nenhum aluno de 1º ano de Meteorologia (2014) ressaltou que a EA é um processo permanente e contínuo, o que implica a necessidade de se trabalhar a questão ambiental diariamente para que se possa alcançar a qualidade de vida e a sustentabilidade, ambas quase não sinalizadas pelos alunos.

Pode ser que o fato de os alunos de 3º ano de Edificações (2015) terem a oportunidade de assistir a uma aula de EA com ênfase em Gestão Ambiental, que foi ministrada pelo autor deste trabalho, tenha contribuído significativamente para diferenciá-los dos alunos de 1º e 2º ano de Edificações (2013 e 2014), respectivamente, em que conseguiram atender explicitamente o maior número de categorias inseridas na Lei nº 9.795/99.

Ao se questionar o conceito de EA aos alunos de 3º ano (2015) do curso de Edificações do Cefet/RJ, observou-se que houve a contemplação de todas as categorias preconizadas no Quadro 1. É possível perceber isso ao analisarmos os discursos verificados nas respostas: "Processo pelo qual a pessoa passa a ter conhecimento da importância da preservação e maneiras de fazê-la"; "Ensinar às pessoas maneiras de preservar o meio ambiente, economizando água, não poluindo etc."; "Pensar em proteger o meio ambiente para as próximas gerações"; "É estar informado sobre o que suas ações podem causar ao meio ambiente"; "É a partir de pequenos atos do nosso dia a dia que podemos fazer a diferença"; "Fazer com que o aluno não apenas saiba o que é certo e o que é errado em relação a ações nocivas ao meio ambiente, mas também fazer com que ele aja de forma correta e passe o conhecimento adiante, a fim de conscientizar um número maior de pessoas"; "É a consciência de, além de fazermos a nossa parte na questão da prevenção à poluição, também alertar e iniciar uma consciência coletiva para que se criem meios de melhorar o ambiente em que vivemos para que tenhamos uma melhor qualidade de vida"; "É o ensino da maneira correta de se utilizar os recursos ambientais, causando o menor impacto possível, e a sustentabilidade desses recursos".

As respostas desses alunos estão mais relacionadas com o conceito de EA, que foram interpretadas com subsídio da Lei nº 9.795/99. Por esse motivo, pode-se visualizar um olhar mais abrangente sobre a EA por parte desses alunos.

Os alunos de 2º ano de Eletrônica (2015) e de Eletrotécnica (2015), mesmo contemplando a maioria das categorias, sinalizaram a falta de uma percepção mais sistêmica do conteúdo, assim como ocorrido com os alunos de 1º ano de outros cursos técnicos, com base no parâmetro

estabelecido para a avaliação. Apesar disso, as respostas apresentadas pelos alunos de 2º ano de Eletrotécnica foram mais plausíveis, como pode ser constatado pela resposta do aluno: "É um processo permanente, no qual os indivíduos e a comunidade tomam consciência do seu meio ambiente e adquirem conhecimentos, valores, habilidades, experiências e determinação que os tornam aptos a agir, individual ou coletivamente, e resolver problemas ambientais presentes e futuros". Observa-se que esta só deixou de atender uma categoria do parâmetro, a sustentabilidade.

Vale frisar que os alunos de 3º ano de Edificações (2015) conseguiram compreender que a EA é um processo contínuo e não uma atividade momentânea, esporádica. Além disso, os alunos de 2º ano de Eletrotécnica e 3º ano de Edificações incluíram o envolvimento do indivíduo e/ou coletividade no processo de focalização ambiental.

Constatou-se que 100% dos alunos que responderam à questão e que foram observados pelo autor da presente pesquisa em suas aulas, apresentaram conhecimento da importância da temática da EA, assim como da agregação dos valores sociais.

Dos 337 alunos envolvidos na pesquisa, 73% destacaram as atitudes como ações ecologicamente corretas para minimizar os impactos ambientais; 11% do universo da pesquisa citaram a categoria Competências; 7% mencionaram a qualidade de vida; e 13% reconheceram a sustentabilidade como uma das vertentes da proposta de EA.

Diante do panorama de resultados apresentados anteriormente, sinaliza-se que as lacunas deixadas por esses alunos de 1º e 2º ano para o alcance de uma concepção mais sistêmica e plena de EA, de acordo com o parâmetro estabelecido (Lei nº 9.795/99), foram gradativamente as categorias Sustentabilidade, Competências, Qualidade de Vida e Processo. Por outro lado, tais categorias foram mais evidentes nos resultados obtidos com os alunos do 3º ano de Edificações (2015). É possível que o fato de os alunos terem tido a oportunidade de ter aulas por três anos com o autor do presente trabalho, além de terem vivenciado as diversas articulações existentes entre a sua atuação profissional e as questões ambientais, tenha contribuído significativamente para um entendimento de EA que se aproxima das propostas preconizadas pelos profissionais envolvidos com a temática em questão.

A resposta do aluno de 3º ano de Edificações (2015) – "Constitui-se numa forma

abrangente de educação, que se propõe a atingir todos os cidadãos, através de um processo pedagógico participativo permanente que procura inculcar no educando uma consciência crítica sobre a problemática ambiental, compreendendo-se como crítica à capacidade de captar a gênese e a evolução de problemas ambientais” – corrobora o que se defende neste trabalho, de que a EA esteja associada com o movimento CTS, mais especificamente, CTSA, no contexto da formação técnica. Sobre isso, de acordo com Bazzo (2008, p.1):

[...] falar em CTS significa buscar um enfoque ético, ambiental e, acima de tudo, sociológico aos aparatos que nos predispomos a construir e que não se trata de um novo campo de estudo e sim o resgate de uma nova postura epistemológica.

Em relação à resposta do aluno de 2º ano de Eletrônica – “Conscientização de cada um de que o homem é o único animal que destrói o lugar onde vive” –, faz-se necessário retificar essa visão equivocada que julga o homem como o predador, pressupondo que ele não fará falta no ecossistema com a sua ausência ou que o ambiente estará a salvo com o seu afastamento. Sobre isso, afirma Capra (2003) que a ecologia profunda não separa o ser humano do ambiente, reconhecendo que estamos todos inseridos nos processos cíclicos da natureza e que deles dependemos para viver.

Embora não tenha aparecido a palavra “sustentabilidade” nas respostas dos alunos de Eletrotécnica (2015), percebe-se que esse conceito está implícito – “É quando um ser humano cresce com a ideia de que tem que viver e se desenvolver, desfrutando do que o meio ambiente oferece de acordo com as suas necessidades, mas também, preservando e respeitando suas limitações. Lembrando sempre que as gerações futuras podem sofrer muito com problemas de escassez de recursos e impactos ambientais, não esquecendo a nossa realidade, que já sofre as consequências desses descuidos ambientais [...]”; “A maneira mais eficiente de conviver com o meio ambiente, extraíndo deste o que for necessário para nossa sobrevivência, sem alterar ou destruí-lo”; “É uma área de conhecimento que descreve o funcionamento do ambiente e de que forma nós podemos preservá-lo e utilizá-lo de maneira racional”. O termo “sustentabilidade” surgiu em 1987 e estabelece o atendimento às necessidades da sociedade atual, sem comprometer a geração futura na busca de suas necessidades. No entanto, a categoria Sustentabilidade apareceu explicitamente na fala do aluno de 2º ano de Eletrônica (2015): “Aprender a utilizar os recursos dis-

poníveis para poder viabilizar a sustentabilidade do meio ambiente.”. Vale destacar que, segundo Lemos (2009), sustentabilidade não é sinônimo de desenvolvimento sustentável, pois este apenas apresenta o cunho econômico, enquanto sustentabilidade é mais abrangente, ou seja, há vieses econômico, social, político e ecológico.

Partindo da premissa de que o conceito de EA está atrelado ao conceito de ambiente, percebemos o quanto o aluno de 3º ano de Edificações não se limita apenas ao ambiente com viés ecológico, em que se faz uma apologia ao verde. Ao contrário, apresenta uma visão bem mais ampla, ao dar a resposta: “Ter consciência e pôr em prática atitudes que permitam uma melhor interação entre o homem e o ambiente em que vive, não necessariamente relacionado a plantas, mas ao meio como um todo, lugar, pessoas. Em suma, uma educação voltada para o coletivismo”. Dessa forma, se adequa à proposição aceita internacionalmente e feita pela UNESCO em 1968, que compreende o ambiente não apenas exclusivamente no que se refere ao entorno físico, mas também aos focos social, cultural, econômico e político inter-relacionados. De maneira semelhante, é corroborado por Costa (1999), que afirma ser o ambiente um conjunto abrangente de bens e políticas que garantam não só o mínimo de subsistência, mas também a elevação dos níveis de qualidade de vida.

Em relação às percepções dos alunos que cursaram o 1º ano de Informática (2013), revelou-se a percepção ingênua de EA vinculada apenas à preservação e conservação do ambiente, com um discurso romantizado e naturalista, conforme as falas a seguir: “Para mim, é um conjunto de ensinamentos de como tratar, lidar e ajudar a natureza, que são os animais, as plantas e ecossistemas.”; “É uma educação voltada para o meio ambiente, como nós devemos tratá-lo”. No entanto, por meio de diálogos durante as aulas, esses alunos passaram a ter um olhar um pouco mais para a dimensão socioambiental, como se pode perceber na fala deste aluno: “É ter consciência dos seus atos, saber que o que eu faço ou deixo de fazer mexe com a natureza e prejudica não só a mim, mas a todos”. Além disso, vale ressaltar que os 32 alunos do 1º ano de Informática (100%) não sinalizaram as categorias de processo e de qualidade de vida.

Constatou-se, por meio de observação em sala de aula, que, em todos os cursos envolvidos na pesquisa, os alunos acreditavam que havia intenção de EA no curso em foco. Segundo a percepção desses sujeitos envolvidos, acreditavam que, pelo fato de abordarmos questões am-

bientais na formação técnica, estaríamos diante de uma EA, visão esta criticada por Lemos (2009).

Após conhecer as percepções equivocadas dos alunos sobre a existência da EA no curso em questão, foram realizadas discussões e houve um amadurecimento na visão deles, conforme se pode perceber nas falas: “Não tem Educação Ambiental no nosso curso de Informática, mas acho que seria importante a implantação da EA no curso”; “Infelizmente não tem aqui no curso de Meteorologia a Educação Ambiental, mas é importantíssima, [...] é uma coisa principal que deve ser vista pelo coordenador”; “Aqui na Eletrotécnica não tem Educação Ambiental, mas é importantíssima, inclusive deveria começar lá na educação básica, educação infantil, para que, ao chegar na fase adulta, possa estar bem enraizada tal questão”. Portanto, percebe-se que as pessoas sabem da relevância da EA, mas não a colocam em prática em seu dia a dia de forma transversal, o que gera uma diferença significativa entre o tempo em que se fala da EA e a efetividade de suas práticas no exercício profissional. Por não se tratar de uma disciplina, a educação ambiental permite inovações metodológicas na direção do *educere* — tirar de dentro — por ser necessariamente motivada pela paixão, pela delícia do conhecimento e da prática voltados para a dimensão complexa da manutenção da vida (SORRENTINO; MENDONÇA; JUNIOR, 2005, p. 294).

É importante destacar que os alunos relacionaram a EA com a criação de uma disciplina. Esse fato é interessante, pois nos remete ao estudo realizado pela UNESCO, em 1968, que teve como uma das proposições aceita internacionalmente a de que a “Educação Ambiental não deve se constituir numa disciplina”. Inclusive, os alunos compreenderam que podemos realizar EA por meio de temas transversais que podem perpassar ao longo de sua formação profissional. Com isso, os resultados obtidos são auspiciosos para se pensar na implantação da EA nos cursos técnicos. Nesse sentido, nota-se que a universidade, como instituição social, deve buscar a discussão de temas socioambientais que tendem a promover valores socioambientais à luz de uma concepção complexa (MORALES, 2012). Para tanto, pensar a formação ambiental nesses cursos profissionais é de grande importância e, em vista de tal prioridade, é necessária a busca de formas e mecanismos que possibilitem essa inserção da EA nos cursos técnicos, de formas que vão muito além das disciplinas, mas que perpassem os projetos de ensino, de extensão e de pesquisa.

Segundo Santos (2015), os docentes possuem uma concepção de currículo como programa a ser seguido pelos mesmos, além de

terem uma percepção de Educação Ambiental Conservadora. Já os documentos analisados, estão baseados em uma concepção de Educação Ambiental Crítica, cujo foco é a reflexão dos problemas globais e locais dentro de uma perspectiva contextualizada e crítica, através de um trabalho interdisciplinar e contínuo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As discussões travadas ao longo deste trabalho permitiram concluir que o conhecimento das percepções de EA dos alunos dos cursos técnicos envolvidos é de suma importância para correlacionar de forma coerente as questões ambientais que são discutidas ao longo da formação técnica, as quais servem como aporte teórico para as competências a serem desenvolvidas na educação profissional.

Os resultados revelaram, ainda, a partir das percepções dos alunos, que a percepção de EA não é atualizada, e que é auspiciosa a sua implantação no currículo dos cursos técnicos de Edificações, Informática, Meteorologia, Eletrônica e Eletrotécnica do Cefet/RJ, em que seja preconizada a criticidade. Os alunos reconheceram que a própria prática profissional da área técnica gera impactos significativos e que uma formação adequada, abordando temas ambientais específicos, é um fator essencial para a formação cidadã crítica nessa área.

Apesar da preconização de formar cidadãos para a tomada de decisões na educação profissional de nível médio, por meio do ensino propedêutico, assim como pela educação ambiental, os alunos envolvidos na pesquisa demonstraram conhecimento parcial em relação ao conceito de educação ambiental, inclusive, revelando pouca criticidade para as questões ambientais em prol da sustentabilidade.

Portanto, a inserção da EA na formação profissional técnica diante da construção de uma cidadania com criticidade, baseada em EA com aporte teórico em Loureiro (2004) e Layrargues (2002), ainda está longe de ser alcançada, mas alguns estímulos, mesmo provenientes de algum professor ou outro, são possíveis, considerando que a dimensão ambiental deve ser tratada pelas disciplinas já existentes. Mas sabemos que ainda estamos caminhando a passos lentos no que se refere à discussão sobre formação ambiental nos cursos profissionais, como no ensino técnico de nível médio, assim, como nas próprias universidades.

A presente pesquisa nos revela que, apesar de um intervalo de três anos, de uma forma geral, as percepções dos alunos dos diversos cursos técnicos não sofreram evolução significativa.

Com isso, faz-se necessário refletir sobre as atividades que estão sendo realizadas na área de EA para que possam ter um maior impacto na formação desses alunos.

REFERÊNCIAS

- ARDOÍNO, J. Abordagem multirreferencial das situações educativas e formativas. Em: Barbosa, J.G. *Multirreferencialidade nas ciências e na educação*. São Carlos: UFSCAR, 1998.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 2009.
- BAZZO, Walter. *Tecnologia e futuro humano – CTS questões contemporâneas: novas perspectivas da educação tecnológica*. Out. 2008. Disponível em: <www.cefet-rj.br/comunicação/notícia>. Acesso em: 27 ago. 2009.
- BRASIL. *Lei nº 9.795*. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. 27 abr. 1999.
- CAPRA, Fritjof. Alfabetização ecológica: o desafio para a educação do século 21. In: TRIGUEIRO, André et al. *Meio ambiente no século 21 – especialistas falam da questão ambiental nas suas áreas de conhecimento*. Rio de Janeiro: Sextante, 2003.
- COSTA, Tonia. Sustentabilidade, ambiente e sociedade: breves reflexões. In: MATA, Speranza França da (org.) et al. *Educação ambiental: compromisso com a sociedade*. Rio de Janeiro: MZ Editora, 1999. p. 114-120.
- DEMO, P. *Metodologia do conhecimento científico*. São Paulo: Atlas, 2000.
- DIAS, Genebaldo Freire. *Educação ambiental: princípios e práticas*. São Paulo: Gaia, 2003.
- FAJARDO, Elias. *Se cada um fizer a sua parte: ecologia e cidadania*. Rio de Janeiro: SENAC Nacional, 1998.
- FERREIRA, Lília Lopes. Educação ambiental e cidadania. In: MATA, Speranza França da (org.) et al. *Educação ambiental: compromisso com a sociedade*. Rio de Janeiro: MZ Editora, 1999.
- GRÜN, M. *Ética e Educação Ambiental: a conexão necessária*. Campinas: Papirus, 1996.
- KRASILCHIK, Myriam. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. *São Paulo em Perspectiva*, v. 14, n. 1, p. 85-92, 2000.
- LAYRARGUES, Philippe Pomier. Conflitos socioambientais e cidadania: qual é o tema da educação ambiental? In: MATA, Speranza França da (org.) et al. *Educação ambiental: compromisso com a sociedade*. Rio de Janeiro: MZ Editora, 1999. p. 50- 55.
- _____. A crise ambiental e suas implicações na educação. In: QUINTAS, J. S. *Pensando e praticando a educação ambiental na gestão do meio ambiente*. Brasília: Edições Ibama, 2002.
- LEFF, E. *Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder*. Rio de Janeiro: Vozes, 2001.
- LEMOS, Jorge Luiz Silva de. *Educação pela pesquisa por meio de projeto de Biologia: contribuições pedagógicas para o ensino médio*. Dissertação (Mestrado em Ensino em Biociências e Saúde). Fiocruz, Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2005.
- _____. *Questões ambientais na formação profissional em Automobilística: um estudo sobre os olhares discentes e docentes à luz do movimento CTS e da educação ambiental*. Tese (Doutorado em Ensino em Biociências e Saúde). Fiocruz, Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2009.
- LIMA, José Lindomar Alves et al. Programas de educação ambiental no setor produtivo: o exemplo da companhia siderúrgica de Tubarão CST, Espírito Santo. In: MATA, Speranza França da (org.) et al. *Educação ambiental: compromisso com a sociedade*. Rio de Janeiro: MZ Editora, 1999. p. 205-210.
- LOPES, Antonia O. Planejamento do ensino numa perspectiva crítica da educação. In: VEIGA, I. P. A. *Repensando a didática*. 4. ed.. Campinas: Papirus, 1990.
- LOUREIRO, C. F. B. *Trajetória e fundamentos da educação ambiental*. São Paulo: Cortez, 2004.
- MEYER, M. A. A. Projeto pedagógico e educação ambiental. In: MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (MEC). *Desenvolvimento e educação ambiental*. Brasília: Inep, 1992.
- MORALES, A. G. *A formação do profissional educador ambiental: reflexões, possibilidades e constatações*. Ponta Grossa: UEPG, 2012.
- MUNIZ, Luciana. O dualismo do conceito de meio ambiente e suas consequências para a educação ambiental. In: MATA, Speranza França da (org.) et al. *Educação ambiental: compromisso com a sociedade*. Rio de Janeiro: MZ Editora, 1999. p. 157.
- SANTOS, Taís Conceição dos. *Educação ambiental, currículo e interdisciplinaridade: uma teia de caminhos entrelaçados*. Tese (Doutorado em Ensino em Biociências e Saúde). Fiocruz, Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2015.
- SORRENTINO, M.; MENDONÇA, R. T. P.; JUNIOR, L. A. F. Educação ambiental como política pública. *Revista Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 285-299, maio/ago. 2005.
- TURATO, E. R. *Tratado da metodologia da pesquisa clínico-qualitativa*. São Paulo: Vozes, 2010.
- UNESCO. *Primary and Secondary Education: age-specific enrolment ratios by gender. 1960/61-1995/96*. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0010/001095/109560Eb.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

DADOS DO AUTOR

Jorge Luiz Silva de Lemos (jlemosbio@hotmail.com), doutor em Ciências; professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico (EBTT) do Cefet/RJ.

CONVERSÃO OTIMIZADA DE UM POVOAMENTO DE EUCALIPTO EM MULTIPRODUTOS DA MADEIRA

Rodrigo Freitas Silva

Débora Pinheiro Montes

Gilson Fernandes da Silva

Mayra Luiza Marques da Silva Binoti

RESUMO: O principal objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho dos algoritmos GRASP e HCP aplicados ao problema de otimização do sortimento florestal. O problema consiste, basicamente, em particionar de maneira ótima o fuste das árvores colhidas, levando em consideração todos os produtos que poderiam ser comercializados. A finalidade é maximizar o volume de madeira extraída e a renda com a venda das toras. Os dados utilizados neste estudo são oriundos de um reflorestamento de *Eucalyptus grandis* com 12 anos de idade, situado no município de Bofete, estado de São Paulo. Os resultados dos métodos de otimização implementados foram comparados ao de um algoritmo guloso encontrado em trabalho anterior na literatura. Por fim, conclui-se que a HCP foi o método que apresentou os melhores resultados em renda e em volume de madeira extraída, embora seu tempo de execução tenha sido maior do que os demais algoritmos.

Palavras-chave: Manejo florestal. Métodos de otimização. Multiprodutos. Sortimento.

ABSTRACT: The aim of this work is to evaluate the performance of GRASP and HCP algorithm applied to the optimization problem of forest assortment. The problem is to optimize the stems harvested by converting them into marketable multiproducts. The goal is to increase the volume and the revenue from timber sale. The data used in this paper come from 12 years old *Eucalyptus grandis* stand, located in Bofete, São Paulo state. The results of the implemented methods were, thus, compared to a greedy algorithm results found in previous work. Finally, we concluded that the HCP algorithm showed the best results in income and volume timber, although its running time was higher than other algorithms.

Keywords: Forest management. Optimization methods. Multiproducts. Assortment.

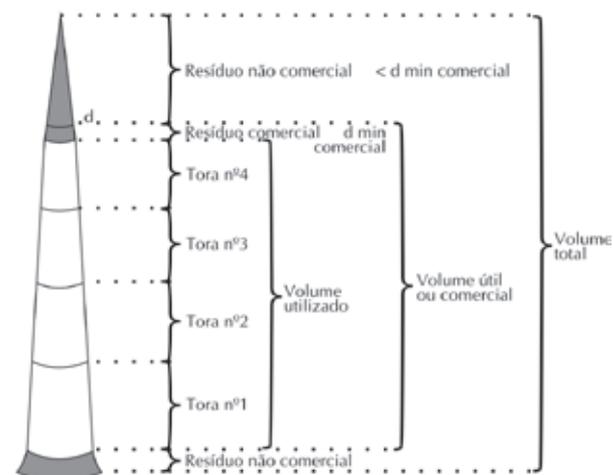
INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, verifica-se uma mudança na estrutura do mercado florestal e no perfil preferencial da madeira comercializada. A tendência de substituição da madeira proveniente de florestas nativas pelas de florestas plantadas se deve, principalmente, à sua maior taxa de crescimento e, conseqüentemente, à sua maior produção volumétrica de madeira. Atribui-se ao seu rápido crescimento a forma de manejo ao qual a floresta foi submetida, atrelada ao clone ou à espécie plantada. Além disso, segundo Ribeiro et al. (2016), a madeira advinda dos fustes comerciais das árvores é a principal fonte de matéria-prima para as indústrias.

A madeira proveniente de uma plantação de eucalipto apresenta, em geral, as características requeridas comercialmente, como: dureza, alta densidade, peso, resistência, textura fina, alta taxa de crescimento, plasticidade, forma retilínea do fuste e desrama natural. Além disso, sua madeira também apresenta variações nas propriedades tecnológicas, se adaptando, portanto, às mais variadas condições de uso (GONÇALVES et al., 2013). Dessa forma, considerando o ambiente favorável de cultivo e comercialização do gênero, associado às condições climáticas brasileiras, destaca-se sua alavancada expansão no mercado nacional. Tudo isso permitiu que as indústrias florestais brasileiras se tornassem competitivas mundialmente, gerando oportunidades de pesquisa e investimento em toda a sua cadeia produtiva.

A utilização de inventários florestais contínuos é importante para que, através das informações provenientes destes, possa-se determinar a qualidade e a quantidade dos produtos madeireiros que serão obtidos do povoamento explorado (CAMPOS et al., 2013). O inventário florestal, portanto, serve como subsídio para que as empresas do setor se planejem a curto e longo prazo em relação às suas despesas e às suas receitas. Durante a colheita, dentre os problemas encontrados, determinar a melhor maneira de particionar o fuste das árvores se destaca por estar diretamente relacionado com a renda proveniente da venda das toras. Dessa forma, muitas pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de otimizar o sortimento dos fustes segundo suas dimensões e suas possibilidades de utilização, garantindo, assim, além da classificação física, melhor rentabilidade da madeira com a destinação de toras de diferentes características ao seu mercado específico (SOUZA et al., 2008). A Figura 1 exemplifica o sortimento de um fuste retirando-se multiprodutos da madeira.

Figura 1: Diferentes volumes e resíduos identificados nos fustes individuais (ARCE et al., 2004).



Modelo de programação inteira

Muitos trabalhos encontrados na literatura têm resolvido o problema do sortimento florestal por meio da Programação Linear (PL), através de um modelo de programação inteira como em Campos et al. (2014). Entretanto, caso haja um número muito elevado de diferentes produtos comercializados e processados pelo modelo, o crescimento exponencial da quantidade de sortimentos a serem avaliados inviabiliza a utilização da PL.

Segundo Arce (2000), o Número potencial de Padrões de Corte (NPC) de um dado fuste equivale ao total dos diferentes produtos considerados (L) elevado ao número máximo de toras que poderiam ser retiradas (T) deste. Ou seja, o $NPC = L^T$. Por exemplo, suponha uma árvore de 20 metros de altura da qual 18 produtos distintos poderiam ser retirados, sendo que o menor deles é uma tora de 1 metro. Nesse caso, o número máximo de sortimentos distintos para avaliação seria de 18^{20} .

Na seqüência, é apresentada a formulação do modelo de programação inteira utilizada como referência neste trabalho.

Maximização

$$Z = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N x_{ij} = 1 \quad (2)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad (3)$$

Sendo que:

- Z : valor presente líquido (VPL) total (em R\$);
- x_{ij} : variável de decisão, em que (j) é o j -ésimo padrão de corte para a (i) i -ésima classe de diâmetro;
- c_{ij} : VPL por classe de diâmetro i , seguindo a alternativa de corte j ;

É importante ainda destacar que a função objetivo representa a maximização do lucro, ou seja, a soma dos VPL dos fustes dado o padrão de corte selecionado. Além disso, as restrições de classe de diâmetro garantem a escolha de uma única alternativa de corte j para uma classe de diâmetro i .

OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho é avaliar e comparar o desempenho de diferentes métodos de solução para otimizar o sortimento, por classe diamétrica, de um povoamento de *Eucalyptus grandis*. Os métodos implementados foram: a Heurística de Construção por Partes (HCP) e a meta-heurística GRASP. Por fim, os resultados desses métodos foram comparados ao de um algoritmo guloso encontrado em trabalho anterior na literatura.

Este trabalho está assim organizado: na sequência, se discutem os trabalhos relacionados ao problema do sortimento florestal encontrados na literatura. Em seguida, é apresentada a área de estudo e os dados utilizados nos experimentos computacionais. Posteriormente, é abordada a metodologia utilizada, o desenvolvimento e a implementação dos algoritmos avaliados através das simulações. Os resultados das simulações e as discussões são apresentados. Por último, se discutem as principais conclusões e os trabalhos futuros.

TRABALHOS RELACIONADOS

Além da PL, outros métodos exatos também vêm sendo utilizados para resolver o problema do sortimento florestal. Dentre eles, a Programação Dinâmica (PD) como em Soares et al. (2003) e Dusberger e Raidl (2015). A PD é uma estratégia de projeto de algoritmos utilizada para resolver problemas de otimização combinatória. Ela é normalmente aplicada a problemas nos quais a solução ótima é resolvida recursivamente a partir de subproblemas menores do problema original. Há uma tabela que é construída iterativamente e armazena os resultados calculados dos subproblemas. Assim, quando for preciso obtê-los novamente, não será preciso calcular tudo outra vez. Para que a PD seja aplicada, é preciso que o problema tenha subestrutura ótima e que haja superposição de subproblemas, levando o algoritmo recursivo a reexaminar o mesmo subproblema várias vezes. A limitação da PD para o problema do sortimento florestal, contudo, ainda consiste no fato de que, em alguns casos, o número de padrões a serem avaliados é tão elevado que impossibilita sua resolução, mesmo evitando que os subproblemas sejam recalculados várias vezes.

Os métodos que apresentam soluções algorítmicas exponenciais para resolver o problema em questão são considerados intratáveis, justamente por sua complexidade exponencial e pela necessidade de uma busca exaustiva pela solução. Já o problema em si, por não ser resolvido deterministicamente em tempo polinomial, é inserido na classe em complexidade de algoritmos conhecida como NP-difícil.

Apesar de não apresentar garantias de otimalidade da solução, as heurísticas e/ou meta-heurísticas vêm sendo muito utilizadas em problemas reconhecidamente difíceis com um espaço de solução muito grande. O objetivo é encontrar soluções tão ótimas quanto possíveis. Dentre os algoritmos conhecidos na literatura, destacam-se: o Algoritmo Genético, *Simulated Annealing*, Busca Tabu, Heurística de Construção por Partes, *Iterated Local Search* e GRASP.

Em Menon (2005), primeiramente, o autor avaliou as meta-heurísticas Algoritmo Genético e *Simulated Annealing* para determinar o sortimento ótimo em plantios *Pinus taeda L.* no município de Correia Pinto, Santa Catarina. No total, foram 408 árvores colhidas e, destas, 31 cubadas para a determinação da relação hipsométrica e da função de afilamento. Os resultados demonstraram que o Algoritmo Genético e o *Simulated Annealing*, caso fossem utilizados,

seriam 9,55% e 7,85% mais rentáveis, respectivamente, em relação à renda média obtida pela empresa com a escolha do sortimento feita manualmente pelo motosserrista.

Em Montes e Silva (2015), para a mesma área de estudo utilizada em Menon (2005), através de um algoritmo guloso, conseguiu-se melhorar em 8,82% a renda da colheita. O algoritmo guloso implementado faz uma busca iniciando pela base do fuste, levando em con-

sideração suas características, como altura comercial e os diâmetros ao longo do fuste, procurando localmente, dentre todos os produtos candidatos, o mais rentável. Retira-se, então, a primeira tora. Levando em consideração o que sobrou do fuste, esse processo é novamente iniciado e prossegue enquanto restar produtos para serem extraídos comercialmente. Na Figura 2, é mostrado o esquema geral do algoritmo guloso implementado.

Figura 2: Esquema geral do algoritmo guloso (SILVA et al., 2015).



Em Silva, Montes e Silva (2015a), por sua vez, utilizou-se a meta-heurística GRASP (FEO; RESENDE, 1995) como um método alternativo para otimizar o sortimento de *Pinus* descrito ainda em Menon (2005). Ao final, os autores conseguiram melhorar o sortimento da madeira em 9,91% em relação à média dos resultados obtidos da colheita. Por último, Silva, Montes e Silva (2015b) propuseram e calibraram uma nova heurística denominada HCP para tentar melhorar ainda mais os resultados. A HCP conseguiu, então, como resultado final das simulações, otimizar o sortimento em até 10,22%, dependendo dos parâmetros que forem selecionados.

A fim de otimizar o sortimento de *Eucalyptus grandis* e avaliar a eficiência dos algoritmos gulosos, Silva et al. (2015) aplicaram o método guloso em dados de um estudo feito em um povoamento no município de Bofete, estado de São Paulo. Segundo os autores, a estratégia gulosa foi escolhida por ser uma técnica de projeto de algoritmos considerada eficaz, simples e rápida. Concluiu-se, ao final, que é possível obter, por hectare, um volume comercial de 481,939 m³ de madeira, totalizando um rendimento de US\$ 5.875,66. Assim sendo, neste trabalho, para a mesma base de dados utilizada

em Silva et al. (2015), o GRASP e a HCP foram também programadas com o intuito de maximizar a renda proveniente da colheita e verificar se esses são realmente os melhores métodos encontrados na literatura para resolver o problema do sortimento florestal.

ÁREA DE ESTUDO

A fonte de dados estudada neste trabalho é proveniente de Sartori (2013), caracterizada como um povoamento de *Eucalyptus grandis* situado na Fazenda Barra Mansa, propriedade rural localizada no município de Bofete, estado de São Paulo, com 372,53 hectares. O plantio estudado teve origem nos anos 2000 e, quando aferido, possuía idade de 12 anos com aproximadamente 1.452 árvores por hectare. São apresentados na Tabela 1 a distribuição de diâmetros (por centro de classe), o número médio de árvores por hectare e a altura média do povoamento considerado.

Para a obtenção dos diâmetros comerciais calculados ao longo do fuste, foi usada a função de afilamento conhecida como polinômio do

5º grau e proposta por Schöpfer (1966). O valor dos parâmetros foi encontrado por Sartori (2013) após a cubagem de 100 árvores pela fórmula de Smalian. A formulação da função de afilamento utilizada é definida e mostrada através da equação seguinte.

Tabela 1: Classe de diâmetros, frequência e altura média de *Eucalyptus grandis* do povoamento estudado (Sartori, 2013)

Centro de Classe (cm)	Frequência (n ha ⁻¹)	Altura média (m)
5.0	20	8.17
7.0	57	12.97
9.0	76	16.63
11.0	122	19.61
13.0	187	22.46
15.0	232	24.83
17.0	181	26.81
19.0	153	27.53
21.0	143	29.99
23.0	109	33.19
25.0	62	33.21
27.0	51	35.17
29.0	33	34.99
31.0	14	36.00
33.0	7	38.12
35.0	4	38.80
37.0	1	37.00
Total	1452	

$$dcc = DAP * \left(b_0 + b_1 * \left(\frac{h_i}{h}\right) + b_2 * \left(\frac{h_i}{h}\right)^2 + b_3 * \left(\frac{h_i}{h}\right)^3 + b_4 * \left(\frac{h_i}{h}\right)^4 + b_5 * \left(\frac{h_i}{h}\right)^5 \right)$$

Em que:

- dcc: diâmetro comercial com casca ao longo do fuste (cm);
- h_i: altura de corte (m);
- h: altura total (m);
- (h_i/h): altura relativa (m);
- DAP: diâmetro à altura do peito, medido a 1,3 m de altura do solo (cm);
- b₀ = 1,123866;
- b₁ = -2,70502;
- b₂ = 10,66242;
- b₃ = -24,1612;
- b₄ = 24,49073;
- b₅ = -9,41464.

Para efetuar o cálculo do volume total ou parcial do fuste, foi preciso integrar a equação 1 em dois pontos, ou seja, entre a altura inicial e a altura final que se deseja calcular o volume.

Os multiprodutos da madeira factíveis de comercialização, assim como os valores agregados de cada um deles, foram obtidos de Soares (2003). No total, três destinos para a madeira foram considerados: geração de energia, fabricação de celulose e, por último, venda das toras para a serraria. Caso o destino seja a classe energia, a madeira poderia ser utilizada para lenha, cavaco ou, até mesmo, fabricação de carvão. No caso da celulose, a madeira teria como destinatário as indústrias de papel. Já se o destino fosse a serraria, a madeira poderia servir para a produção de MDF, compensado, *pallets*, chapas de fibra ou venda para a construção civil. Na Tabela 2, são apresentados todos os multiprodutos considerados. Nela é possível identificar que, ao todo, 18 produtos distintos são comercializados e possíveis de serem extraídos dos fustes traçados.

Tabela 2: Multiprodutos comercializáveis (SOARES, 2003)

Classe de Uso	Comprimento (m)	d _{pf} (cm)	US\$/m ³
Energia	1,1; 2,0; 2,2; 2,7; 2,8; e 3,0	4 a 40	3,41
Celulose	2,2; 2,7; 3,0; 4,4; 5,5 e 6,0	8 a 40	11,50
Serraria	2,0; 2,6; 2,9; 3,2; 4,0 e 5,0	15 a 50	13,43

METODOLOGIA

Este trabalho apresenta as principais características, a implementação e a utilização dos métodos GRASP e HCP. O objetivo é avaliar a eficácia desses algoritmos quando aplicados para maximizar a renda da exploração florestal. Tudo isso feito através da otimização do sortimento de um povoamento de eucalipto.

GRASP

O GRASP é uma meta-heurística, sigla conhecida para "*Greedy Randomized Adaptive Search Procedure*", proposta por Feo e Resende (1995) e comumente aplicada a problemas de otimização combinatória. Basicamente, assim como outros métodos construtivos, consiste em criar uma solução inicial e, depois, através das buscas locais, tentar melhorar os resultados mo-

dificando essa solução. Entretanto, o GRASP se diferencia dos outros algoritmos por gerar uma solução inicial de melhor qualidade, sendo esta gulosa, aleatória e adaptativa. Além disso, e devido também à sua propriedade *multi-start*, o GRASP se utiliza da melhor forma possível das construções gulosas e da aleatoriedade, juntamente com a capacidade de se adaptar ao problema em questão, para ser eficaz e rápido ao gerar soluções ótimas e confiáveis.

Neste trabalho, assim como em Silva, Montes e Silva (2015a), o GRASP foi implementado da seguinte maneira: a solução inicial é gerada cortando-se toras a partir da base do fuste. Para retirar a primeira tora, avaliam-se, primeiramente, todos os produtos que são possíveis de serem extraídos naquele local, ou seja, possuem as características necessárias para que possam ser retirados. Os produtos considerados candidatos são então colocados em uma lista e, posteriormente, um deles é selecionado aleatoriamente para ser retirado. Extrai-se, então, a primeira tora. Para o que sobrou do fuste, o processo continua repetidamente até que não seja possível retirar mais nenhuma tora. Gera-se, então, uma solução inicial (*s*) composta de uma sequência de produtos, sendo estes toras de diferentes tamanhos, que podem ser extraídas e gerar uma renda calculada com a venda das toras em questão. Em seguida, o GRASP faz uma busca local na solução inicial (*s*), trocando próximo à ponta do fuste um produto candidato por outro, na expectativa de que uma solução mais rentável (*s'*) seja encontrada. Como critério de parada, foi adotada a execução de 1.000 iterações desse algoritmo. Na Figura 3, é apresentado o pseudocódigo implementado do GRASP.

HCP

A Heurística de Construção por Partes (HCP), como o próprio nome diz, é uma heurística, proposta originalmente por Silva, Montes e Silva (2015b) e, assim como o GRASP, também é utilizada em problemas de otimização. Consiste em um algoritmo iterativo de construção e seleção do melhor padrão de corte em duas fases construtivas. Inicialmente, constroem-se várias soluções de forma gulosa. Seleciona-se, então, a solução mais rentável. Posteriormente, na segunda fase de construção, ignora-se a parte final da solução selecionada inicialmente e termina-se a construção desta utilizando aleatoriedade.

A primeira fase da heurística funciona da seguinte maneira: começando a partir da base

do fuste, determinam-se todos os diferentes produtos candidatos a serem retirados localmente, dadas suas restrições de comprimento, *dpf* e as características do fuste. Para retirar a primeira tora, listam-se, hierarquicamente, dentre todos os produtos candidatos, apenas os *n* que trariam mais lucro com sua venda. Para cada um desses *n* produtos listados inicialmente, simula-se, individualmente, sua retirada, começando, portanto, *n* diferentes sortimentos. Para cada um dos *n* padrões de cortes distintos iniciados, considerando o restante do fuste, parte-se para a retirada da segunda tora. Avaliam-se, então, novamente, quais são os próximos *n* produtos mais rentáveis para serem retirados. Simula-se também a retirada de cada um deles, chegando a gerar, até então, *n*² sortimentos diferentes. O algoritmo prossegue enquanto for possível extrair toras do fuste. No final de sua execução, podem ser geradas até *n*^T soluções distintas a partir de uma combinação com os *n* melhores produtos retirados em cada parte do fuste. T seria o número total de toras retiradas do fuste. Para concluir a primeira fase construtiva, o sortimento mais rentável é selecionado como solução gulosa inicial do HCP.

Figura 3: Pseudocódigo do GRASP.

1	Procedimento GRASP;
2	Para <i>i=1</i> até 1.000 faça
3	<i>s</i> = gera_solucao_inicial();
4	<i>s</i> = busca_local();
5	atualiza_melhor_solucao();
6	Fim-Para
7	mostrar_solucao();
	Fim.

A segunda fase do algoritmo funciona da seguinte maneira: seja a escolha inicial da solução obtida na primeira fase, elimina-se parte dessa solução e deixa-se a outra parte inalterada. A parte inalterada consiste em uma quantidade *x* de toras consecutivas que foram selecionadas a partir da base do fuste. O restante das toras que compõem a solução são simplesmente ignoradas, ou melhor, eliminadas. Há a necessidade, então, de se reconstruir a parte final dessa solução. Isso é feito através de uma busca aleatória por novos produtos a serem retirados, só que, agora, dentre todos os admissíveis, enquanto for possível extrair toras do fuste, gerando, portanto, uma nova solução. Caso a nova solução seja melhor do que a escolhida inicialmente, ela será armazenada; caso contrário, ela será descartada. Para finalizar, e tratando-se já da condição de parada do algoritmo, essa segunda parte de construção da HCP é executada por *k* vezes, re-

construindo k vezes a solução inicial de formas potencialmente diferentes.

Resumindo: na HCP, a primeira fase é responsável por gerar de forma gulosa uma solução inicial, avaliando-se, para isso, uma combinação limitada dos melhores sortimentos. Já a segunda fase é utilizada para reconstruir aleatoriamente a parte final da solução inicial, na esperança que uma mudança leve a outras e, ao final, maximize a renda daquele fuste analisado, tentando reduzir os resíduos comerciais. A Figura 4 apresenta o pseudocódigo da HCP.

Figura 4: Pseudocódigo do algoritmo HCP.

1	Procedimento HCP(DAP, H_i , Produtos);
2	Entrada
3	DAP – vetor diâmetro à altura do peito;
4	H_i – altura comercial inicial do centro de classe i ;
5	Produtos – multiprodutos cadastrados;
6	Início
7	Para cada centro de classe i faça
8	Ht = calcularAltura(DAP[i]);
9	Classificar produtos;
10	Definir valor para n e x ;
11	Solução[i] = execuçãoPrimeiraFase;
12	Para $k = 1$ até MAX_ITERACOES faça
13	novaSolução = execuçãoSegundaFase;
14	Se novaSolução > Solução[i] então
15	Solução[i] = novaSolução;
16	Fim-Para
17	Mostrar Solução[i];
	Fim-Para
	Fim.

Após calibrar adequadamente a HCP para otimizar o sortimento de *Pinus*, Silva, Montes e Silva (2015b) constataram que a melhor opção para seus parâmetros seriam: na primeira fase construtiva, fazer uma análise combinacional explorando os 4 melhores produtos localmente ($n = 4$); para a segunda fase, permanecerem inalteradas as 4 primeiras toras da solução inicial ($x = 4$), e reconstruí-la com aleatoriedade gerando 1.000 novas soluções ($k = 1.000$). O valor desses parâmetros também foi utilizado neste trabalho para calibrar a HCP ao otimizar o sortimento de um povoamento de eucalipto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados deste trabalho foram obtidos com a execução do GRASP e da HCP, considerando os dados do povoamento de *Eucalyptus grandis* e a tabela de produtos e preços descritos anteriormente. No total, foram executadas 10 rodadas de simulação para cada um dos métodos

avaliados. Os resultados das simulações computacionais são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3: Produção e receita por alternativa de uso

Método	Receita (US\$)	Volume (m^3)	Tempo de Execução
Alg. Guloso	5875,66	481,9392	1 Seg.
GRASP	5844,18	482,0796	4 Seg.
HCP	5938,94	482,7108	141 Seg.

Ao analisar os resultados, pode-se perceber que a HCP foi o método que apresentou o melhor desempenho dentre os algoritmos avaliados, gerando maior renda com a comercialização das toras. A receita obtida foi de US\$ 5.938,94, sendo 1,07% superior ao algoritmo guloso e 1,6% maior que a obtida pelo GRASP. Esse resultado se deve, principalmente, ao fato de a HCP fazer uso de uma estratégia de busca mais adequada, permitindo que os produtos de maior valor agregado permaneçam na solução mais próximos à base do fuste, e a composição dos produtos que minimizam os resíduos comerciais mais próximos à sua ponta. É interessante ainda avaliar que o fato de o algoritmo guloso ter apresentado um resultado superior ao do GRASP significa que a combinação gulosa, aleatória e adaptativa do GRASP, não foi capaz de gerar combinações de sortimentos satisfatórias que resultassem em maior lucratividade.

Em relação ao volume, é fato que, quanto maior o volume de madeira comercializado, maior a probabilidade de aumento da receita. Contudo, a importância do sortimento é evidente ao fazer com que o algoritmo guloso resulte em maior renda do que o GRASP, apesar de seu volume comercializado ter sido ligeiramente inferior. Como era de se esperar, considerando os resultados referentes às receitas, a HCP foi o método que extraiu um maior volume de madeira útil, sendo este de 482,7108 m^3 .

Em relação ao tempo de execução dos algoritmos implementados, o algoritmo guloso foi o método que apresentou o menor tempo de processamento, sendo este de apenas 1 segundo. Já a HCP foi o método mais demorado para apresentar resultados, com um tempo de aproximadamente 141 segundos. O fato de a HCP ter um tempo de processamento maior é atribuído, principalmente, ao fato de ser analisado em sua primeira fase uma combinação muito grande de sortimentos distintos.

CONCLUSÕES

Através deste trabalho, foi possível concluir que também é possível aplicar as heurísticas e/ou meta-heurísticas HCP e GRASP ao problema do sortimento de um povoamento de eucalipto durante a exploração florestal. Em relação ao desempenho dos métodos avaliados, foi observado que a HCP foi aquele que apresentou os padrões de corte mais rentáveis, assim como já foi constatado em outros trabalhos da literatura para o sortimento de *Pinus*. Entretanto, para o povoamento de eucalipto estudado, diferentemente do que era previsto, o GRASP obteve

um desempenho inferior em relação ao algoritmo guloso, apesar de ter conseguido extrair um maior volume comercial de madeira.

Para finalizar, sugere-se, para trabalhos futuros, a implementação e a análise de desempenho de outras meta-heurísticas conhecidas na literatura como a ILS, Busca Tabu e *Clustering Search*. Todas elas aplicadas ao mesmo problema do sortimento florestal, com o objetivo de maximizar ainda mais a renda a partir dos multiprodutos da madeira. É válido ainda ressaltar que os métodos avaliados neste trabalho são genéricos o suficiente para serem utilizados em problemas variados, de diferentes áreas de aplicação.

REFERÊNCIAS

- ARCE, J. E. *Um sistema de análise, simulação e otimização do sortimento florestal em função da demanda por multiprodutos e dos custos de transporte*. 2000. 136 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.
- ARCE, J. E.; MACDONAGH, P.; FRIEDL, R. A. Geração de padrões ótimos de corte através de algoritmos de traçamento aplicados a fustes individuais. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 207-217, 2004.
- CAMPOS, B. P. F. et al. Conversão de árvores em multiprodutos da madeira utilizando programação inteira. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v. 37, n. 5, p. 881-887, 2013.
- _____. Efeito do modelo de afilamento utilizado sobre a conversão de fustes de árvores em multiprodutos. *Scientia Florestalis*, Piracicaba, v. 42, n. 104, p. 513-520, 2014.
- DUSBERGER, F.; RAIDL, G. R. Solving the 3-staged 2-dimensional cutting stock problem by dynamic programming and variable neighborhood search. *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, [s.l.], v. 47, p. 133-140, 2015.
- FEO, T. A.; RESENDE, M. G. C. Greedy randomized adaptive search procedures. *Journal of Global Optimization*, [s.l.], v. 6, n. 2, p. 109-133, 1995.
- GONÇALVES, J. C. et al. Otimização da determinação de padrões de corte no manejo florestal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 45., 2013, Natal. *Anais...* Natal: UFRN, 2013.
- MENON, M. U. *Meta-heurísticas na otimização do Sortimento Florestal*. 2005.119 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- MONTES, D. P.; SILVA, R. F. Um algoritmo guloso para otimizar o sortimento florestal em plantios de *Pinus taeda* L. In: CONGRESSO FLORESTAL NO CERRADO, 2. e SIMPÓSIO SOBRE EUCALIPTOCULTURA, 4., 2015, Goiânia. *Resumos...* Goiânia: UFG, 2015.
- RIBEIRO, R. B. da S et al. Método para estimar o volume de fustes e galhos na floresta nacional do Tapajós. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v. 40, n. 1, p. 81-88, 2016.
- SARTORI, M. S. *Proposta de otimização para reflorestamento de eucalipto utilizando multiprodutos*. 2013. vii, 70 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp), Botucatu, 2013.
- SCHÖPFER, W. *Automatisierung der Massen-, Sorten- und Wertberechnung stehender Waldbestände*. Berlin: Wurt-Forstl, 1966.
- SILVA, R. F. et al. Otimização do sortimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* através de um algoritmo guloso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EUCALIPTO, 3., 2015, Vitória. *Anais...* Vitória: CEDAGRO, 2015.
- SILVA, R. F.; MONTES, D. P.; SILVA, G. F. Aplicação da meta-heurística GRASP para o problema do sortimento florestal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA, 2., 2015a, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: SBCTEM, 2015a.
- SILVA, R. F.; MONTES, D. P.; SILVA, G. F. Calibração de uma heurística de construção por partes para otimizar o sortimento florestal em plantios de *Pinus taeda* L. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 47., 2015b, Porto de Galinhas. *Anais...* Porto de Galinhas: UFPE, 2015b.
- SOARES, T. S. et al. Otimização de multiprodutos em povoamentos florestais. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v. 27, n. 6, p. 811-820, 2003.
- SOUZA, C. A. M. et al. Modelos de afilamento para o sortimento do fuste de *Pinus taeda* L. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2506-2511, 2008.

DADOS DOS AUTORES

Rodrigo Freitas Silva (rodrigo.f.silva@ufes.br), M.Sc. em Engenharia de Sistemas e Computação. Professor do Departamento de Computação no CCA da Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), doutorando no Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais (PPGCFL) da Ufes.

Débora Montes Silva (deborapmontes@yahoo.com.br), pós-graduada no curso de Biologia Vegetal da Universidade Candido Mendes (UCAM).

Gilson Fernandes da Silva (fernandes5012@gmail.com), D.Sc. em Ciência Florestal, professor do Departamento de Engenharia Florestal no CCA da Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes).

Mayra Luiza Marques da Silva Binoti (mayralmsilva@gmail.com), D.Sc. em Ciência Florestal, professora do Departamento de Engenharia Florestal no CCA da Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes).

USINA HIDRELÉTRICA DE ESTREITO: INVESTIGANDO AS MEMÓRIAS DE VIOLAÇÕES DE DIREITOS HUMANOS

Getúlio Dias Neto

Roberto Dalmo Varallo Lima de Oliveira

Glória Regina Pessoa Campelo Queiroz

RESUMO: O ato de recuperar as memórias das violações de direitos humanos, para que elas sejam divulgadas para as futuras gerações, é fundamental em uma educação que busque o ideal de “para nunca mais”. Assim, o presente trabalho tem como objetivo investigar as violações de direitos humanos a partir da coleta de depoimentos de pessoas que foram despejadas de suas casas, não sendo respeitadas como cidadãs ou até mesmo seres humanos. O trabalho busca estabelecer um retrato dos despejados, de suas relações pessoais e suas memórias afetivas. A pesquisa foi realizada no município de Babaçulândia, no Tocantins, localizado na margem do Rio Tocantins – alagado para a criação de uma barragem necessária à construção da Usina Hidrelétrica de Estreito. Foi possível perceber discursos a partir de três episódios: relação econômica da população com o lugar inundado; relação do impactado com o lugar inundado; registro de benefícios e prejuízos (material e emocional) dos impactados, formando um pequeno registro, do ponto de vista dos moradores impactados, sobre a implementação da usina.

Palavras-chave: Hidrelétrica. Impactados. Emocional. Pessoas.

ABSTRACT: The act of rescuing the memories of human rights violations so that they are disclosed for future generations, it is necessary. Like this, the present study aimed to investigate the human rights violations from the collection of testimonials from people who were evicted from their homes not being respected as citizens or even human beings. In this way the study was to establish a picture of evicted and their relations, personal relationships, their emotional memories. The research was conducted in the municipality of Babaçulândia (TO), located on the bank of the Tocantins river – flooded to create a dam required the construction of the Estreito Hydroelectric Plant. It was possible to see speeches from three episodes: economic relations of the population in a flooded place; the relation of the affected people with the flooded place; record of benefits and losses (material and emotional) of the affected population, creating a small record from the point of view of the affected residents on the implementation of the plant.

Keywords: Hydroelectric. Impacted. Emotional. People.

INTRODUÇÃO

A Usina Hidrelétrica de Estreito está localizada, geograficamente, entre os estados Tocantins e Maranhão e, durante seu processo de construção, foram inundados 400 km² para a construção de seu reservatório de 260,23 km de extensão (IBAMA, 2000). Diversas cidades sofreram impacto das obras, como Estreito e Carolina, no Maranhão, e Aguiarnópolis, Palmeiras do Tocantins, Darcinópolis, Babaçulândia, Filadélfia, Barra do Ouro, Palmeirante, Goiatins, Itapiratins e Tupiratins, em Tocantins. Dentre elas, a cidade de Babaçulândia – cidade localizada na divisa entre Maranhão e Tocantins e com 14% de sua área alagada – foi espaço de construção de nossa investigação.

A cidade de Babaçulândia surgiu a partir de um pequeno núcleo situado à margem esquerda do Rio Tocantins, iniciando sua história, segundo descrição de Leandro (2008) do relato da moradora Umbelina Pereira Rocha – considerada a primeira da localidade. Naquele momento, em 1906, o que viria a ser Babaçulândia era apenas um sítio rodeado de matas. Posteriormente, Henrique Figueiredo de Brito iniciou uma pequena população chamada de Coco e, a partir de 1926, surgiu a primeira casa comercial de telhas, cujo proprietário ficou marcado como fundador da cidade Babaçulândia. Outro personagem importante para a história da cidade foi João Ribeiro, comerciante de fumo e medicamentos em sua pequena farmácia. Nessa mesma época, iniciou-se a atividade econômica vinda do uso do babaçu e da malva. O povoamento do local se deu a partir de pessoas vindas dos estados do Maranhão, Piauí, Ceará e Bahia, onde muitos desses imigrantes chegaram a navegar pelo rio usando balsas feitas de burtis e outras embarcações de madeira a remo ou motorizadas. Com o crescimento populacional da região, a cidade se desenvolveu em torno de um porto que servia de embarque e desembarque de pessoas, animais e mercadorias – batizado, posteriormente, de Rampa da Beira Rio. Essa dinâmica portuária trouxe à cidade um grande fluxo de cargas que se deslocavam entre Belém e Babaçulândia, sendo comercializados no trajeto o babaçu, o couro salgado, a embira feita de malva, além de arroz, sal, café, querosene, açúcar, sabão, ferragens e outros produtos.

O local passou a ser chamado de Babaçulândia a partir do ano de 1938, adotando um nome oriundo da representatividade para a região e seus habitantes da palmeira e da amêndoa do babaçu. Antes de ser emancipada como cidade, o que ocorreu no dia 23 de junho de

1953, Babaçulândia pertencia ao município de Tocantinópolis. Com o passar do tempo, a cidade cresceu e o rio Tocantins continuou sendo a principal fonte de renda da região, especialmente pela possibilidade do comércio, transporte de cargas, passageiros, animais e demais mercadorias. Foi a partir desse momento que algumas empresas se estabeleceram em regiões próximas ao rio, gerando emprego e renda para o município.

Durante muitos anos, no inverno, o rio Tocantins e outros córregos enchiam demasiadamente, fazendo com que a população residente em determinadas áreas da cidade tivesse que procurar abrigo em outros locais. Após esse período de cheias, as pessoas retornavam às suas casas e retomavam suas rotinas¹.

No entanto, por volta do ano de 2004, após uma licitação realizada pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, em abril de 2002, por meio da resolução de nº 01/2002 para implantação da UHE Estreito, com concessão de uso do bem público por 35 anos (ANEEL, 2005), o projeto de implementação de uma usina hidrelétrica no local tornou-se realidade. Iniciou-se, então, um processo de cadastramento da comunidade local, sendo feitos levantamentos em relação às famílias e às propriedades que seriam desapropriadas para que a obra ocorresse.

No ano de 2008, foi iniciado o processo de remoção dessas pessoas, sendo estimada a desapropriação de 1.498 imóveis rurais e 913 urbanos. A compensação indenizatória aos impactados foi dada a partir do reassentamento rural agropecuário, reassentamento rural agrícola, aquisição de imóveis e carta de crédito (IBAMA, 2000, p. 13), que levou a população deslocada de sua terra para locais escolhidos por uma equipe ligada ao governo federal.

No ano de 2010, a barragem necessária à construção da Usina Hidrelétrica de Estreito já estava construída e abrangia diversos municípios do Maranhão e do Tocantins, com um reservatório de 260,23 km de extensão, área inundada de 400 km² e vida útil de mais de cem anos (IBAMA, 2000). A área inundada em hectares de todos os municípios atingidos pela UHE Estreito é de 6.099 ha, de forma que as partes da cidade de Babaçulândia que foram inundadas são: I) uma ilha, conhecida como Ilha de São José; II) o povoado Beira do Corrente; III) o povoado Barra do Arraiá; IV) o povoado de Palmatuba, entre outros locais, sendo extinta a Praia do Coco, que era uma grande potência econômica no município.

¹ Ressalta-se que não era em todo inverno que havia grandes enchentes, isso variava de acordo com a frequência da estação, quando os habitantes da região, ao saberem das possíveis cheias do rio no período chuvoso, se preparavam a cada ano que se iniciava para passar por aquele tipo de situação.

Dessa forma, o presente trabalho tem como pergunta de partida: o que dizem os moradores da cidade de Babaçulândia – removidos de sua região de origem devido à construção da barragem – sobre os impactos sociais, econômicos e emocionais sofridos?

REFERENCIAIS TEÓRICOS

Energia limpa: para quem?

De acordo com Miranda (2004), a potência total instalada no país é da ordem de 65.000 MW, representando 79% da energia elétrica que é produzida no Brasil. Com o modelo de desenvolvimento que temos hoje, torna-se insustentável a vida do ser humano sem energia elétrica – tanto para o indivíduo em seu cotidiano (chuveiro, ferro de passar roupa, aparelho de som, televisão, computador, celulares, geladeira) quanto em uma relação indireta (indústrias, bancos, hospitais e muitos outros espaços públicos e privados de serviços).

Em contrapartida aos benefícios, sabe-se que a construção de uma usina para produzir energia elétrica gera grandes consequências ambientais. Um exemplo é dado por Vergara et al. (2004), que destacam: “uma enorme destruição de florestas, ecossistemas junto com animais e plantas onde várias árvores são derrubadas, terrenos inundados alterando o ambiente causando um enorme impacto na água, ar, solo, territórios, fauna, flora e paisagens, e social” (VERGARA et al., 2004, p. 192). Ou por Silva (2005), que aponta uma grande migração de animais terrestres e peixes, o que influencia nas suas reproduções, interrompendo-se, assim, o ciclo biológico de várias espécies existentes de fauna e flora. Outro impacto existente na construção de uma usina hidrelétrica sem consulta pública e nos intensos debates existentes em comunidade, de forma que haja redução de danos e respeito a minorias, é o impacto na memória, uma vez que, ao inundar uma cidade, destrói-se a história de diversos grupos sociais, sendo as famílias residentes remanejadas para outros locais, geralmente distantes e diferentes do espaço onde se constituíram de forma comunitária, o que causa um grande transtorno para suas vidas.

A importância da memória na relação tecnologia e sociedade

Segundo Halbwachs (1990), a memória coletiva é construída por elementos referenciais, como situações, paisagens, músicas e comidas, relevantes para uma coletividade na qual o in-

divíduo vive. Araújo (2009) destaca que a coletividade pode ser uma família, uma cidade, um povo, uma nação e, em nosso caso, a cidade de Babaçulândia. Esses elementos constroem nossa sensação de pertencimento e constituem-se como bases para a construção da identidade. Assim, as remoções forçadas não podem ser compreendidas apenas como uma “mudança” – elas são um ataque ao direito à moradia com dignidade e à memória coletiva. Ao inundar uma cidade, destrói-se a história de uma comunidade e sua possibilidade de recuperação dos processos de memória e esquecimento.

Para Silva et al. (2005), os impactos ambientais do reservatório se relacionam com os impactos sociais, incluindo a desativação da atividade agrícola, diminuição de emprego, aumento no valor da terra. Mesmo os moradores da área alagada sendo indenizados e, às vezes, ganhando uma moradia melhor, esse valor financeiro não paga as perdas sociais, uma vez que eles já estão adaptados ao local de origem, com os vizinhos, e são obrigados a sair de seus lares. Torna-se necessário, para eles, receber o dinheiro e começar uma nova vida em outro lugar, deixando de lado os transtornos interacionais que isso vai ocasionar.

Sendo assim, nosso trabalho foi desenvolvido na perspectiva afirmada por Candau et al. (2013, p. 48) como “Educação para nunca mais”, ou seja, um princípio de recuperação da memória e do esquecimento. Consiste na construção de um olhar sobre a história dos subalternizados. Assim:

Educar para “nunca mais” exige também manter viva a memória dos horrores das dominações, colonizações, ditaduras, autoritarismo, perseguição política, tortura, escravidão, genocídio, desaparecimentos, e reler a história para mobilizar energias de coragem, justiça, esperança e compromisso com o nunca mais, para favorecer o exercício de uma cidadania plena e ativa.

Tendo em vista a importância de relatar a história, dar voz aos moradores removidos de maneira indevida de suas casas, o presente trabalho buscou investigar o que dizem os moradores da cidade de Babaçulândia – removidos de sua região de origem devido à construção da barragem – sobre os impactos sociais, econômicos e emocionais sofridos.

METODOLOGIA DA PESQUISA

Com o intuito de ouvir os ex-moradores de Babaçulândia, foi conduzida uma pesquisa qualitativa, pois, segundo Godoy (1995, p. 62), esse

método, na Educação, possui algumas características fundamentais, como:

- a) o ambiente natural como fonte direta de dados e o pesquisador como instrumento fundamental;
- b) o caráter descritivo;
- c) o significado que as pessoas dão às coisas e à sua vida, como preocupação do investigador;
- d) o enfoque indutivo.

Tomou-se por base entrevistas semiestruturadas, que, segundo Triviños (1987), têm como característica questionamentos básicos que são apoiados em teorias e hipóteses relacionadas ao tema da pesquisa. As entrevistas foram gravadas com um gravador Sony px 312, sendo a seleção dos entrevistados enquadrada ao que ocorreu com o município e as pessoas. Foi dada ênfase aos aspectos emocionais, sociais e culturais desses indivíduos.

Foram selecionados 11 colaboradores, sete homens e cinco mulheres, de forma aleatória, a partir da indicação de moradores da Babaçulândia, de forma que se chegou a colaboradores que ainda residiam nas imediações da cidade. Os entrevistados possuíam, de maneira geral, as seguintes profissões durante a época que não havia a barragem: barqueiros, barraqueiros, agricultores familiares, chacareiros e quebradeiras de coco de babaçu. Após o encerramento das entrevistas, elas foram transcritas e, em seguida, analisadas, utilizando-se a estratégia de análise de conteúdo, cujo método compreende um conjunto de técnicas interpretativas que visam descrever e codificar os diversos componentes contidos em um conjunto de dados, possibilitando a compreensão e os valores de seus significados (MORAES, 1999). Para identificação, as pessoas entrevistadas foram codificadas como E.1, E.2, E.3, E.4, E.5, E.6, E.7, E.8, E.9, E.10, E.11.

A análise de conteúdos da entrevista foi dividida em três episódios, denominados: Episódio 1: Relação econômica da população com o local; Episódio 2: Relação do impactado com o lugar; Episódio 3: Benefícios e prejuízos (material e emocional) dos impactados. Cada um foi dividido em três categorias (A, B e C), que foram nomeadas da seguinte forma:

Episódio 1: Relação econômica da população com o lugar inundado

- Categoria A) Sentido de subsistência;
- Categoria B) Atividade laboral (trabalho) para geração de lucro.

Episódio 2: Relação do impactado com o lugar inundado

- Categoria A) Relação interpessoal;
- Categoria B) Relação com o local;
- Categoria C) Memórias com o local.

Episódio 3: Registro de benefícios e prejuízos (material e emocional) dos impactados

- Categoria A) Aspectos emocionais;
- Categoria B) Prejuízos financeiros;
- Categoria C) Retrato dos benefícios.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nossa pesquisa buscou investigar o que as pessoas impactadas dizem sobre a mudança vivenciada por elas, o que isso trouxe para suas vidas, quais os prejuízos e benefícios ocorridos com a obra, buscando retratar sobre as violações dos direitos humanos e compreender quais são os aspectos sociais em questão.

Para fundamentar a pesquisa, foram usados trechos de depoimentos de alguns moradores da cidade que tiveram suas rotinas mudadas devido à formação do lago da Barragem de Estreito (TO/MA), tendo sido ouvidos, no contexto, 11 moradores, em nove entrevistas, já que duas foram feitas com casais. O foco foi investigar o que dizem os moradores da cidade de Babaçulândia sobre a construção dessa usina hidrelétrica, quais seus pontos de vista sobre a referida construção, o que mudou em suas vidas com esse enchimento do rio Tocantins, que se transformou em um lago permanente. De acordo com Cruz e Silva (2010), as decisões que são tomadas referentes “à construção de usinas hidrelétricas são tomadas sem considerar as populações locais, uma vez que defendem interesses nacionais e às vezes até internacionais, utilizando-se das regiões para justificar a retirada de pessoas” (CRUZ; SILVA, 2010, p. 4).

Em meio aos relatos, o trabalho buscou recuperar as memórias de violações de direitos humanos, trazidas pelas pessoas e ouvidas a fim de registrar o que elas sofreram. O registro possui o objetivo de tentar impedir que o ocorrido com elas volte a ocorrer com outras pessoas, levando-se em conta os parâmetros da “educação para nunca mais” segundo os quais se busca quebrar o silêncio a fim de formar sujeitos ativos para que esse tipo de violação não volte a acontecer.

Análise das entrevistas

Nesse contexto, buscou-se retratar a relação pessoal dos entrevistados com seus vi-

zinhos, sua relação com o local antes habitado e as memórias afetivas presentes naquela localidade, investigando-se seus pontos de vista diante das mudanças vividas. Os entrevistados falaram que tinham uma boa relação com a vizinhança, mas que perderam contato com alguns desses moradores, e também que gostavam de suas antigas residências e povoados.

O primeiro episódio, *Relação econômica da população com o lugar inundado*, buscou mostrar essa relação do ponto de vista da economia. A categoria A – *Sentido de subsistência* – tem como exemplo as falas de E1 e E3:

E.1 – “Dependia do rio pra pescar, da terra pra criar gado, plantar vazante, criar galinha, porco.”;

E.3 – “Tirava o alimento de lá, de lá nós tinha nossas roças, bananal, muitas coisas, nós colhia tudo de lá, nós vivia era de lá, criação que nós criava tudo era lá, e agora fiquemos sem.”.

Na categoria B – *Atividade laboral (trabalho) para geração de lucro* –, destacam-se as falas:

E.7 – “Sim, eu era barraqueiro desde 1998, onde criamos associação dos barraqueiros né, e eu nunca deixei de trabalhar na praia [...] E aí perdemos as duas atividades.”;

E.8 – “Toda vida eu dependi do rio, eu era barqueiro, sou pescador, no período de praia eu trabalhava e, quando terminava o período de praia, de junho a agosto, nessa minha rotina, eu trabalhei mais de vinte anos daqui pra Carolina mexendo com gente”.

O segundo episódio, *Relação do impactado com o lugar inundado*, trouxe a relação pessoal dos entrevistados com seus vizinhos, relação com o local antes habitado e memórias com o local. A categoria A – *Relação interpessoal* – traz respostas aos questionamentos sobre amizade. Alguns trechos dos entrevistados:

E.1 – “Perdi com alguns, que se espalharam por aí por esse mundão, se espalharam, tem uns na Fazenda Mirindiba, que se espalharam, perdi o contato com alguns.”;

E.5 – “Nós gostava dos vizinhos, e eles gostavam de nós (risos)”.

A categoria B – *Relação com o local* – traz a narrativa de dramas e vivências:

E.1 – “Nasci em Carolina e vim pra cá com oito anos.”;

E.9 – “(risos) Gostar, gostar num gostei não, porque um lugar igual à ilha lá num existe outro,

em lugar nenhum não. [...] Gostava, lá todo mundo era conhecido, a maioria mesmo era parente, que moravam lá, era igual eu tava te falando antes, um lugar igual à ilha num existe mais aí no planeta mais não, que agora tá de baixo d’água”.

A categoria C – *Memórias com o local* – trouxe falas como:

E.3 – “Eu mesmo só fui uma vez lá, o ‘meu filho’ me levou lá um pedacim aí eu só ficava olhando pro lugar onde nós morava só me dava vontade de chorar, só olhando pra água lá, num sabia nem onde ficava as coisas lá, ele que ficava dizendo mamãe bem aqui é assim, assim, a gente fica desorientada.”;

E.9 – “Pra te falar a verdade teve muito, eu pra mim, eu tô aqui, mas se chegasse a dizer assim ‘barragem desativou a ilha tá de fora de novo, a terra, e pode voltar de novo quem quer’, pois eu era primeirinha, voltaria num piscar de olho.”.

No episódio 3, *Registro de benefícios e prejuízos (material e emocional) dos impactados*, a categoria A – *Aspectos emocionais* – traz falas como:

E.3 – “O prejuízo é que a gente saiu do local e veio pra cá e aqui a gente num produz o que a gente tinha lá, que eu gostava de ter minhas criação e aqui num posso, aqui vivo num lugar que num crio nada. [...] Afetou demais, você sabe que um dono de casa é acostumado desde pequeno labutar suas criação, e aqui num pode mais né.”;

E.8 – “Foi, foi desrespeitado, porque o que é vinte e um mil pra quem vem tendo toda uma atividade, tirando o sustento da família aí de dentro do rio, como a gente vivia?”.

A Categoria B – *Prejuízos financeiros* – traz falas como:

E.7 – “Não, os barraqueiros nem indenizado foram, nem indenizado foram, e existe uma ação desde 2009 [...] mas tá parado.”;

E.10 – “Foi o que aconteceu, saímos de lá todo mundo com a mão na frente e outra atrás, hoje eu olho pra cara dos políticos batendo nas portas de cada um. Rapaz, é uma coisa que eu num gosto de contar.”.

Por fim, a Categoria C – *Retrato dos benefícios* – agrupa falas como:

E.11 – “Olha, prejuízo foi o tanto de coisa que ficou alagada, agora... as construções que sur-

giram geralmente foram melhor do que aqueles que tinham”;

E.9 – “Pra mim, a única coisa que eu achei de vantagem foi ter tirado meus filhos de lá porque o ensino de lá era mais fraco”.

Ao se analisar o primeiro episódio, notam-se os impactos negativos sobre o sentido de subsistência. Os moradores narraram que dependiam da terra para plantar, criar animais de corte, usavam algum de tipo de matéria-prima ou fruto nativo da região para produção de alimentos, o rio para pescar e utilizavam sua água para o consumo. Para Silva et al. (2005 p. 7), “os impactos ambientais do reservatório se relacionam com os impactos sociais, incluindo a desativação da atividade agrícola, diminuição de emprego, aumento no valor da terra”. Alguns falaram que criaram seus filhos nos respectivos locais e, de repente, tiveram de sair para outra região, quebrando, assim, suas tradições, culturas e estilos de vida, sendo forçados a mudarem de rotina estando insatisfeitos. Esses dados nos remetem à noção de memória coletiva apresentada em Halbwachs (1990). Um dos entrevistados falou sobre suas criações, dizendo que não pode criar mais nada por estar agora morando na zona urbana; outra moradora ainda ressaltou que, se algum dia ocorrer de a barragem ser desativada e a Ilha voltar, ela seria a primeira a habitar de novo a região, afirmando ainda que mais pessoas pensam assim. Para Bittar Filho (1994, p. 49), “Trata-se de valores do corpo, valores esses que não se confundem com os de cada pessoa, de cada célula, de cada elemento da coletividade”.

Ao serem investigados sobre os prejuízos em relação a alguma atividade laboral que servia para a geração de lucro, ou seja, que era utilizada como fonte de renda extra, alguns argumentaram que a praia local extinta, tendo ela um bom potencial turístico, garantia uma boa geração de renda aos moradores envolvidos, pois lá existiam vinte barracas comerciais, constituindo uma boa geração de renda. Segundo um entrevistado, o lucro era tão bom que, caso fosse dividido por doze meses (ou seja, por um ano), dava em torno de um salário e meio por mês. Ao se completar um ano, ainda tinha dinheiro para iniciar uma nova temporada, entretanto, essa a atividade foi perdida e os envolvidos não foram indenizados e nem foi criada outra fonte de geração de renda para eles. Concordando com Ferreira e Cunha (2005, p. 93), “O modo como têm sido utilizados e gerenciados os recursos hídricos tem levado a um nível de degradação ambiental e a um risco de escassez que comprometem a qualidade de vida”.

Uma atividade que sofreu grande impacto foi a dos barqueiros que faziam o transporte de passageiros para a praia e para outros lugares. Na temporada de praia, os responsáveis tinham uma boa arrecadação, pois além da temporada da praia era possível transportar pessoas e mercadorias para outros locais e cidades vizinhas situadas na beira do rio. Com o alagamento, com a extinção da praia, alguns barcos abandonaram a atividade, outros foram vendidos para outras regiões, e a indenização não foi satisfatória, por ter sido com um valor bem baixo, que não foi o suficiente para cobrir o prejuízo, como destaca Leite (2003), “a caracterização do dano moral individual cede espaço a outros valores que afetam negativamente a coletividade, como é o caso da lesão imaterial ambiental”, ou seja, o valor citado por um dos entrevistados equivaleu ao que ele arrecadava em uma temporada de praia.

Houve um momento da discussão também em que os entrevistados foram abordados sobre a relação com o lugar, ou seja, trazendo a questão do relacionamento com seus vizinhos, tendo todos afirmado que tinham com eles uma ótima relação e que, após o remanejamento, foi perdido o contato com a grande maioria. Foi notório o sentimento de todos, que se mostraram tristes por ter sido desfeito um enlace que vinha de muitos anos entre os vizinhos. Paccagnella (1999) argumenta que “sempre que houver um prejuízo ambiental, objeto de comção popular com ofensa ao sentimento coletivo, estará presente o dano moral ambiental”. (PACCAGNELLA, 1999, p. 47) Para Oliveira e Queiroz (2013, p. 9), ao trabalharmos com direitos humanos buscamos também que “essa representação de mundo seja mais válida do que as demais, ou seja, que a cultura dos direitos humanos seja considerada superior à cultura das violações dos direitos humanos”.

Em outro momento, os entrevistados foram questionados sobre os danos emocionais e materiais, expressando sentimento de que se sentiram desrespeitados. Um deles afirmou que um dono de casa tem seus costumes e hábitos e, de repente, tem de mudar toda uma rotina de vida, alguns saíram do campo e vieram para a cidade e, com isso, perderam sua qualidade de vida. Segundo relato de um dos entrevistados, em sua residência antiga, situada em uma chácara, mantinha um ritmo de atividades diferentes, dedicando-se ao cultivo de hortas, lavoura, criação de animais domésticos de corte e outras atividades que preenchiam sua rotina, proporcionando a ela bem-estar e qualidade de vida, explanando que sua mãe, uma senhora de cento e um anos, não aceitava a saída de sua casa e

só pedia para voltar. Desse modo, percebe-se o que afirma José Luiz Junior (2005): “dano é o prejuízo causado a terceiros, [...] sendo esse moral, quando o prejuízo é causado no psicológico da vítima, ou seja, os direitos da personalidade que são afetados.”

A diretriz de “Educação para nunca mais” busca, além da promoção da história, a recuperação da memória, e, durante os processos educativos, um espaço de quebra da cultura do silêncio, no qual as pessoas perdem o medo de falar e expõem ao mundo seus pontos de vista relacionados a determinadas ações sofridas. Na proposta de educação libertadora de Paulo Freire, a conscientização do indivíduo ocorre por meio do diálogo mediado pelas suas condições de existência. Assim, deve-se procurar lembrar das violações para que elas não voltem a acontecer.

Com esses relatos, percebe-se que todos os sujeitos dessa pesquisa não gostaram do que aconteceu com eles e demonstram, além desse sentimento de insatisfação, uma revolta em relação aos fatos ocorridos, visto que todos foram lesados emocionalmente, carregando até hoje um sentimento de tristeza, angústia e perda. Baseado no que diz Rothman (2005), constatamos que não são observadas as histórias de vida, identidade com o local, se o morador depende da região para sua sobrevivência, se o novo local é propício para ser habitado.

Ao analisar as entrevistas comentadas acima, percebem-se vários prejuízos financeiros, muitos perdendo sua fonte de geração de renda, casa, terra, sem uma indenização satisfatória. Para alguns, não houve nem sequer alguma negociação financeira, indicando que “os impactos ambientais do reservatório se relacionam com os impactos sociais, incluindo a desativação da atividade agrícola, diminuição de emprego, aumento no valor da terra.” (SILVA et al., 2005).

Outro ponto a ser destacado é em relação ao que foi comentado sobre alguns terrenos que foram desapropriados e não indenizados, deixando seus moradores desamparados. Segundo um dos entrevistados, na época em que adquiriu seu terreno, teve de comprá-lo e, tempos depois, para a construção da usina hidrelétrica, não houve uma indenização, havendo revolta com o descaso por parte da empresa e dos políticos. Para Suassuna (2008, p. 49), o deslocamento populacional é uma das etapas mais complexas do processo de implantação de grandes usinas hidrelétricas, desencadeando problemas por ocorrer negligência com a dimensão social.

Ao se realizarem as entrevistas, também foram investigados os benefícios que o referido empreendimento trouxe ao município. Segundo relatos, houve uma melhoria nas residências, surgindo novas construções, alguns conseguiram comprar automóveis novos, houve uma melhoria nas estradas. Outro entrevistado falou que houve uma melhora em relação à assistência médica e à facilidade em fazer compras por estarem, agora, mais próximos ao comércio. Outra entrevistada ressaltou que houve uma melhoria em relação ao ensino, uma vez que os filhos passaram a ter oportunidade de estudar em escolas melhores.

Por meio desses relatos, busca-se educar as futuras gerações para que tenham uma visão em relação ao direito de escolhas do cidadão, estando assim de acordo com Oliveira e Queiroz (2013, p. 4) quando afirmam que “Educar em direitos humanos traz um agir que luta por uma sociedade mais justa e que valoriza, com ética, as diversas formas do ser”.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou investigar o que dizem os moradores da cidade de Babaçulândia que foram removidos da sua região de origem devido à construção de uma barragem que faz parte do reservatório de água da Usina Hidrelétrica de Estreito (TO/MA). Muitas vezes, a construção de usinas hidrelétricas passa uma ideia de desenvolvimento, com geração de empregos e produção de energia limpa, entretanto, é importante questionarmos: energia limpa para quem?

Ao analisar os depoimentos, fica evidente o retrato das violações dos direitos humanos no desenvolvimento do empreendimento. Baseado na ideia de construir uma sala de aula onde se possa discutir a relação entre tecnologia e sociedade, pela ótica dos subalternizados, podemos afirmar a importância de levar para os estudantes de Babaçulândia esses relatos. Assim, os passos seguintes de nossa investigação serão dados na pedagogização de conteúdos de Ciências a partir do diálogo com as vozes dos moradores.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). *Atlas de energia elétrica*. 2. ed. Brasília, 2005. Disponível em: <http://www3.aneel.gov.br/atlas/atlas_2edicao/download.htm>. Acesso em: 10 ago. 2015.
- ARAÚJO, H. M. M. Memórias e museus: construindo identidades. In: ANDRADE, M. (Org.) *A diferença que desafia a escola: a prática pedagógica e a perspectiva intercultural*. Rio de Janeiro: Quartet, 2009. p.161-172.
- BITTAR FILHO, C. A. Do dano moral coletivo no atual contexto jurídico brasileiro. *Revista de Direito do Consumidor*, n. 12, out./dez. São Paulo: Revista dos Tribunais, 1994. p. 49.
- CANAU, V. M.; PAULO, I.; ANDRADE, M.; LUCINDA, M. C.; SACAVALINO, S.; AMORIN, V. *Educação em direitos humanos e formação de professores*. São Paulo: Editora Cortez, 2013.
- CASTRO, B. L. G. *Crêterios socioambientais de reposição de perdas e realocização para atingidos por barragens: um estudo sobre o povoado de Palmatuba/TO*. Brasília, Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de Brasília, 2009.
- CRUZ, C. B.; SILVA, V. P. Grandes projetos de investimento: a construção de hidrelétricas e a criação de novos territórios. *Sociedade & Natureza*, 22(1), p. 181-190, 2010.
- ELETOBRÁS. *Plano Diretor de Meio Ambiente do Setor Elétrico*. Vol. 2. Rio de Janeiro, 1990.
- FEARNSIDE, P. *The devastating effects of tsunamis, big hydroelectric dams and other clear energy*. 2011. Disponível em: <<http://www.climate-connections.org>>. Acesso em: 13 ago. 2015.
- FERREIRA, A.; CUNHA, C. Sustentabilidade ambiental da água consumida no município do Rio de Janeiro, Brasil. *Rev. Panam. de Salud Pública*, 2005, vol. 18(1): p. 93-99.
- GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. *Revista de Administração de Empresas*, v. 35, n. 2, mar./abr. 1995, p. 57-63.
- _____. Pesquisa qualitativa – tipos fundamentais. *Revista de Administração de Empresas*, v. 35, n. 3, maio/jun. 1995, p. 20-29.
- HALBWACHS, M. *Memória coletiva*. São Paulo: Vértice, 1990.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). *Licenciamento ambiental da UHE de Estreito: Processo UHE de Estreito (Rio Tocantins)* – n. 02001.008624/2000-64. Palmas, TO, 2000.
- JUNIOR, José Luiz. *Responsabilidade civil por danos ambientais*, 25 fev. 2005. Disponível em: <<http://www.direitonet.com.br/artigos/exibir/1934/Responsabilidade-civil-por-danos-ambientais>>. Acesso em: 27 jun. 2015.
- LEANDRO, J. J. *Babaçulândia: dos tempos de Coco aos dias de Agimiro Costa*. Goiânia: Kelps, 2008.
- LEITE, J. R. M. *Dano ambiental: do individual ao coletivo extrapatrimonial*. 2. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2003.
- MIRANDA, E. E. *A água na natureza e na vida dos homens*. Aparecida/SP: Ideias e Letras, 2004.
- MORAES, R. Análise de Conteúdo. *Revista Educação*, Porto Alegre, Ano XXV, n. 37, p. 7-32, 1999.
- OLIVEIRA, R. D. V. L.; QUEIROZ, G. R. P. C. *Educação em Ciências e direitos humanos: reflexão-ação em/para uma sociedade plural*. Rio de Janeiro: Multifoco, 2013.
- _____. *CTS-Arte: uma possibilidade de utilização da arte em aulas de Ciências*. Niterói: Conhecimento & Diversidade, 2013. p. 90-98.
- PACCAGNELLA, Luis Henrique. Dano moral ambiental. *Revista de Direito Ambiental*, São Paulo, n. 13, p. 40-49, jan./mar. 1999.
- ROTHMAN, F. D. Mobilização, resistência e participação das comunidades atingidas por barragens: o projeto de assessoria e o movimento dos atingidos por barragens em Minas Gerais, Brasil. In: *Encuentro por una nueva cultura del agua en América Latina*, 2005, Fortaleza. *Encuentro por una nueva cultura del agua en América Latina*, 2005.
- SILVA, P. J. et al. O ecologismo e o economismo das usinas hidrelétricas. *Anais do VI Seminário Nacional da Gestão da Informação e do Conhecimento no Setor de Energia Elétrica*, 2005.
- SUASSUNA, C. C. de A. Dano moral ambiental coletivo em populações atingidas por empreendimentos hidrelétricos: O caso de Petrolândia (PE). *Âmbito Jurídico*, Rio Grande, XI, n. 51, mar. 2008. Disponível em: <http://www.ambitojuridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=2480>. Acesso em: 1 mar. 2015.
- TRIVIÑOS, A. N. S. *Introdução à pesquisa em Ciências Sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. São Paulo: Atlas, 1987.
- VERGARA, J. M.; BARRACO, H.; COLLDEFRONS, M.; RELEA, F.; RODRÍGUEZ, Pau. *Introducción al medio ambiente y la sostenibilidad*. Barcelona: Vicens Vives, 2004. p. 192.

DADOS DOS AUTORES

Getúlio Dias Neto (getulio-bbu@hotmail.com), licenciando em Química pela Universidade Federal do Tocantins.

Roberto Dalmo Varallo Lima de Oliveira (robertodalmo7@gmail.com), licenciado em Química pela Universidade Federal Fluminense, mestre em Ciência, Tecnologia e Educação pelo Cefet/RJ, professor da Universidade Federal do Tocantins (UFT).

Glória Regina Pessoa Campelo Queiroz (gloriapcq@gmail.com), doutora em Educação pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Atualmente, é credenciada no Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Educação (PPCTE) do Cefet/RJ e professora adjunta do Instituto de Física Armando Dias Tavares, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

ATIVIDADES INVESTIGATIVAS NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES: APRENDENDO CIÊNCIAS EM UM SÍTIO ARQUEOLÓGICO

Maria Luiza de Lima Marques

Cristiane Ramos Teixeira

Marcelo Scabelo da Silva

Carlos Roberto Pires Campos

Eduardo Augusto Moscon Oliveira

RESUMO: Este trabalho discute a utilização de atividades investigativas em uma formação continuada de professores de Ciências. As atividades ocorreram em dois sítios arqueológicos pré-históricos, os quais podem ser datados de pelo menos 2.500 anos AP. Os sambaquis se caracterizam pela presença de um número significativo de conchas e moluscos utilizados tanto como recurso alimentar quanto como matéria-prima para sua construção. Mediante duas aulas de campo em dois sambaquis localizados no Espírito Santo, foi desenvolvida uma atividade investigativa em uma formação continuada de professores com o objetivo de trabalhar educação patrimonial. A análise buscou estabelecer uma relação crítica com o passado e visou instigar a curiosidade e o sentido da preservação e da convivência harmoniosa com o meio ambiente, compreendido em sua totalidade. A prática educativa baseou-se na teoria histórico-cultural de Vygotsky, pelo entendimento de que as práticas sociais podem ser consideradas oportunidades de aprendizagem.

Palavras-chave: Educação científica. Práticas experimentais. Educação patrimonial. Sambaqui.

ABSTRACT: This paper discusses the possibilities for using investigative activities in a continuing training course of science teachers. The activities took place in two prehistoric archaeological sites. Setting up as buildings dating from at least 2,500 years BP, they can be characterized by the presence of a significant number of shells and mollusks that were used both as a food source and as material for the burial of their dead. Upon visiting two shell mounds located in the Espírito Santo state, we developed an approach in the teachers continuing formation in order to discuss patrimonial education. The analysis established a relationship between the past and the present and tried to construct the importance of protection the environment, understood here in its totality sense. This educational practice relies in cultural historical theory of Vygotsky, by understanding the cultural aspects that form the basis, which considers the social practices as learning opportunities.

Keywords: Science education. Investigative activities. Culture Education. Shell mound.

INTRODUÇÃO

É do conhecimento de todos que nosso contexto histórico é marcado pela crescente degradação do meio ambiente. A academia tem demandado urgentes ações, em diversos segmentos da sociedade, de modo a mitigar os efeitos que a urbanização e o avanço na exploração dos recursos minerais têm desencadeado. Este artigo defende a proposta de que produzir riquezas, melhorar a qualidade de vida das pessoas, sem destruir o ambiente e sem deprestar o patrimônio ambiental e cultural é possível. Para tanto, discute a relevância da produção de sentidos nas práticas pedagógicas no que diz respeito à educação patrimonial. Isso pelo fato de a preservação do patrimônio cultural, incluindo-se, aí, a natureza e todos os seus componentes vivos e não vivos, apresenta-se como um tema que engloba um elenco considerável de atores sociais representativos do universo escolar, o que confere tônica especial ao engajamento dos diversos sistemas de conhecimento, entre os quais a capacitação de professores, favorecendo sua articulação com a comunidade universitária, de uma perspectiva interdisciplinar. Isso significa que, para produzir sentidos, é necessário relacionar o meio ambiente com o espaço social, considerando-se as múltiplas relações inseridas neste universo. O trabalho de educação patrimonial se fortalece, sobretudo, no espaço formal escolar, por ser este um espaço propício para a construção de subjetividades e de socialização dos atores. O fato é que qualquer tentativa de mudança de práticas culturais, no sentido de encorajar a utilização consciente dos recursos naturais e a apropriação do patrimônio cultural ao cotidiano escolar não pode estar desarticulada de ações interventivas políticas, da academia e da mídia sobre o social.

Para que essas ações interventivas produzam efeitos desejados é preciso fortalecer a educação científica, uma vez que esta possui um papel relevante na promoção do desenvolvimento cultural-científico na população (DEMO, 2010). O objetivo da educação científica é levar a população a ressignificar sua realidade, minimizando a ingenuidade das pessoas diante de questões científicas e políticas de interesse de todos. Tais posicionamentos indicam que não devemos pensar a educação e a ciência de forma disjuntiva. Historicamente, temos atribuído às universidades a prioridade na pesquisa e às escolas a responsabilidade pela educação. É preciso superar esta dicotomia a fim de instaurar um novo paradigma educativo: o da educação científica. Demo (2010) defende a educação

pela pesquisa, por meio da qual emergem dois princípios que devem ser considerados para a efetivação desta proposta. Assim, o princípio científico orienta-se pelo “compromisso com a produção de conhecimento fundada em método científico e no contexto do questionamento reconstrutivo” (DEMO, 2010, p. 15).

A educação pela pesquisa defende que os professores devem ensinar pesquisando e pesquisar ensinando. A ideia é a construção conjunta do conhecimento por educador e educandos. Uma forma de superação do estado de alienação em relação ao conhecimento pode ser obtida por meio de práticas pedagógicas criativas, possíveis de serem empreendidas em espaços educativos não formais. Demo (2010) aponta, citando a Wikipédia, uma evidência de que nosso conhecimento se encontra em uma nova fase da produção. Esta enciclopédia *on-line* permite edições por qualquer pessoa em qualquer parte do mundo, proporcionando a coexistência entre ciência e cidadania. Dessa forma, devemos buscar alternativas pedagógicas que favoreçam aos alunos construir coletivamente o conhecimento, debatendo ideias que nortearão conclusões, nunca definitivas. A educação científica busca compartilhar informações relacionadas à ciência, no que diz respeito a seus conteúdos e processos, com indivíduos que não são tradicionalmente considerados parte da comunidade científica.

A alfabetização científica, como finalidade da educação científica, segundo Chassot (2011), busca formar cidadãos autônomos e aptos a participar na tomada de decisões de forma crítica, compreendendo os processos da ciência e tecnologia do mundo em que vivem. Dessa forma, o papel da escola passa a ser proporcionar uma educação científica efetiva. Para atingir essa meta, as abordagens de ensino devem passar por mudanças, abdicando do argumento da autoridade, puramente informativa, que prioriza a memorização, e adotando estratégias pedagógicas que favoreçam a argumentação e o diálogo, numa busca de conhecimentos para a tomada de decisões.

Ocorre que a produção de saberes não deve acontecer de forma isolada. Para Nóvoa (1992), mesmo que a formação individual seja fundamental para aquisição de conhecimentos, quando o professor, por meio da troca de experiências, estende sua formação para um trabalho coletivo é que esta se assume como um processo interativo e dinâmico.

Este trabalho põe em discussão uma experiência investigativa na formação continuada em serviço de professores. Aborda a combinação de alguns fatores, os quais, em compartilhamento, corroboraram para que essa formação fortalecesse a ação docente, favorecendo o processo de aprendizagem e de desenvolvimento profissional daqueles que dela participaram. Este artigo funda-se no pressuposto de Rivas et al. (1997, p. 135) para quem devemos compreender a formação de professores não como um espaço para aquisição de técnicas e de conhecimento, “mas como um espaço de socialização e de configuração profissional”, o que demanda considerar que “a profissão docente não é um construto neutro, fixo ou universal, mas determinado historicamente pelas condições sociais”. Trata-se, pois, de uma formação continuada em serviço, a qual ocorreu no transcurso das disciplinas Educação Científica no Campo e Espaços Não Formais de Educação do mestrado em Ensino de Ciências do Ifes. Foram realizadas duas aulas de campo, no decorrer dos meses de maio e junho de 2014, em dois sítios pré-históricos localizados próximos ao litoral do município de Aracruz e Presidente Kennedy, ambos no estado do Espírito Santo, marcados pela presença de sambaquis. Uma das metas era a coleta e a análise, a partir da decoração das conchas, de bivalves existentes nesses ambientes para estudo da sua localização, visando à construção de uma prática pedagógica que contivesse uma investigação escolar, capaz de despertar a curiosidade epistemológica em um espaço não formal potencialmente motivador para o ensino e a aprendizagem de Ciências.

O ENSINO DE CIÊNCIAS E A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

As transformações ocorridas nas últimas décadas, concomitantes com os estudos científicos, evidenciam a necessidade de se desenvolverem, nas escolas, situações educativas que promovam a apropriação dos conhecimentos, por meio da educação científica, peça fundamental para a formação integral dos alunos, tanto no nível do desenvolvimento de funções cognitivas, quanto da preparação para a cidadania. A agenda educacional defende também a educação científica como uma das mais importantes vias de progresso tecnológico e econômico das sociedades.

Nessa mesma perspectiva, Chassot (1994) defende que a ciência tem um papel fundamental, por se configurar como produto histórico de acumulação de conhecimentos. O autor ob-

serva que, ao olhar a ciência, precisamos focar este olhar na sociedade, estabelecendo uma associação entre o desenvolvimento da ciência e a presença do homem, visto que é por intermédio da ação humana que a ciência avança. Sendo a ciência um produto histórico-cultural do homem, nessa dialética, a ciência, como produto da cultura, é também produtora dela. Isso significa que, ao mesmo tempo em que produz ciência, o homem é, por ela, produzido.

Essa discussão é relevante no cotidiano da formação de professores e no âmbito das instituições escolares. Outro ponto central refere-se à forma como a aprendizagem em Ciências se organiza, o que nos remete à questão da alfabetização científica, bastante estudada por Chassot (2003) como uma das dimensões para potencializar alternativas que privilegiam uma educação comprometida com a formação social e política dos atores escolares. Na qualidade de promotores da aprendizagem, “os professores devem ajudar a desenvolver perspectivas da ciência e da tecnologia que incluam a história das ideias científicas, a natureza da ciência e o papel de ambas na vida pessoal e social” (CACHAPUZ et al., 2005, p. 23). Nesse caso, os autores se referem à alfabetização científica multidimensional. Eles retomam, também, uma outra categoria da alfabetização científica, qual seja, a democrática, compreendida como aquela que permite aos cidadãos participar das decisões que as sociedades devem tomar em relação aos problemas sociocientíficos e sociotecnológicos de seu cotidiano.

Entendemos que essa concepção aponta para a exigência de um saber científico em escala muito maior, de forma que os diferentes segmentos sociais possam aplicar em sua vida social o conhecimento produzido pela ciência, o que resulta, conseqüentemente, em uma ciência para todos (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2009).

Em face dessas reflexões, as práticas docentes precisam ser repensadas. Para Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2009), o desafio de pôr o saber científico ao alcance de um público escolar em escala sem precedentes – público representado, pela primeira vez em nossa história, por todos os segmentos sociais e com maioria expressiva oriunda de classes e culturas que até então não frequentaram a escola, salvo exceções – não pode ser enfrentado com as mesmas práticas docentes das décadas anteriores ou da escola de poucos para poucos. Para os autores, a razão disso é que não só o contingente estudantil aumentou, mas, também, porque a so-

cialização, as formas de expressão, as crenças, os valores, as expectativas e a contextualização sociofamiliar dos alunos são outros. Não é possível fazer educação científica em uma escola com roupagem nova, mas que desenvolve práticas pedagógicas tradicionais.

Chassot (2003) compreende, ainda, que ser alfabetizado cientificamente significa saber ler a linguagem em que está escrita a natureza. É um analfabeto científico aquele incapaz de fazer uma leitura do universo. Assim, para formar sujeitos críticos, leitores de sua realidade e do universo, em um movimento capaz de intervir no contexto em que estão inseridos, valorizando a identidade cultural e respeitando as diferenças, é necessário agir em direção às práticas pedagógicas escolares, favorecendo o desenvolvimento de ações que valorizem a ciência e levem o aluno a questioná-la.

Nesse sentido, a escola, ao promover o ensino de Ciências, deverá fixar, como uma das suas principais funções, a formação do cidadão cientificamente alfabetizado, capaz não só de identificar o vocabulário da ciência, mas também de compreender conceitos e utilizá-los para enfrentar desafios e refletir sobre seu cotidiano (MARANDINO; KRASILCHIK, 2007). A escola deve enfrentar o desafio de proporcionar aos seus atores escolares uma educação científica que valorize a experimentação e a investigação, levando-os a pensar, a testar e a formular hipóteses por meio de um ensino de Ciências contextualizado, crítico e problematizador.

APRENDIZAGEM MEDIADA E ESPAÇOS NÃO FORMAIS

De acordo com a teoria histórico-cultural, orientada pelos estudos de Vygotsky, as práticas que ensinam a construção de conhecimentos por intermédio de processos de interação, que levem em consideração as experiências e os conhecimentos adquiridos por meio das experiências oriundas das práticas sociais, representam significativas oportunidades para a promoção da aprendizagem. Assim, quanto mais rica a vivência e a experiência pedagógica sociocultural, maior será a expressão linguística, verbal e simbólica dos sujeitos envolvidos (VYGOTSKY, 1998).

Nesse sentido, considerando a escola como *locus* cultural extremamente importante e a mediação pedagógica como algo essencial para a promoção do desenvolvimento de cada sujeito, propomos, neste trabalho, uma atividade peda-

gógica investigativa, fundada na aprendizagem mediada, à luz dos pressupostos teóricos vygotskianos.

Desenvolver uma prática pedagógica em um espaço não formal demanda um trabalho em equipe colaborativo, capaz de mobilizar o corpo administrativo, o pedagógico, os docentes e discentes, rompendo com a rotina da escola (DAMIANI, 2008). Tais práticas educativas revelam sua importância cultural, social e pedagógica, as quais podem incentivar vários aspectos, no que tange ao processo de ensino e de aprendizagem, os quais perpassam dimensões cognitivas e afetivas. Práticas pedagógicas em espaços não formais também proporcionam ganhos de sociabilidade, aumento de autoestima, melhoria na capacidade de trabalho em grupo e no relacionamento entre professores e alunos.

Para Marandino (2001), os espaços não formais propiciam a utilização de diversas linguagens para a abordagem das temáticas propostas pelos seus ambientes. Os espaços não formais estabelecem uma conexão entre os conhecimentos escolares e as suas atividades educacionais, permitindo aos alunos a aplicação dos conhecimentos por meio de metodologias diferentes da instituição formal.

Peixoto, Téran e Barbosa (2015) compreendem que os espaços não formais, tais como museus, parques, teatros, florestas, entre outros, podem se firmar na aprendizagem de conceitos de forma motivadora e instigadora, tornando-a significativa. Isso porque se configuram como forte componente motivacional das atividades do estudante, favorecendo sua predisposição para aprender. Serve como justificativa, ainda, o fato de que os espaços não formais estimulam a aprendizagem a partir da realidade diferenciada, tornando o aprendiz sujeito de sua aprendizagem, vivenciada em clima de descoberta.

O indivíduo se faz humano apropriando-se da humanidade produzida historicamente e se humaniza reproduzindo as características historicamente produzidas pelo gênero humano. Em se tratando de um trabalho pedagógico, valorizar a transmissão da experiência histórico-social significa valorizar a transmissão do conhecimento socialmente existente (DUARTE, 2001). É a partir dessa perspectiva que nossas reflexões se desenvolverão.

PERCURSO METODOLÓGICO

Trata-se de uma pesquisa qualitativa, do tipo estudo de caso, com a finalidade de descrever as características de um fenômeno, estabelecendo as relações entre seus componentes. A técnica de investigação utilizada partiu de um levantamento bibliográfico e documental, seguido de pesquisa de campo. Segundo Cervo e Bervian (1983), a pesquisa descritiva observa, registra, analisa e correlaciona fatos ou fenômenos. Procura descobrir a frequência com que um fenômeno ocorre, sua relação e conexão com outros, sua natureza e características. Busca conhecer as diversas situações e relações que ocorrem na vida social, política, econômica e demais aspectos do comportamento humano, tanto do indivíduo tomado isoladamente quanto no que tange a grupos e comunidades mais complexas.

A pesquisa relata uma investigação vivenciada por dezessete professores-alunos, de diversas áreas, do mestrado em Ensino de Ciências do Ifes, durante o estudo das disciplinas Divulgação Científica, Educação Científica no Campo e Espaços Não Formais, nas quais foram pesquisados dois sambaquis, localizados no estado do Espírito Santo: um localizado no município de Presidente Kennedy e outro no município de Aracruz.

O estudo procurou estabelecer uma relação crítica do passado. A opção por desenvolver uma formação continuada em serviço em sítios arqueológicos justifica-se pela possibilidade de um trabalho de pesquisa inovador, diferente, de baixo custo, de fácil acesso, sem agredir o sítio arqueológico. Para a prática, foram usados os seguintes materiais: peneirinhas de plástico, um balde com água, escovas de dente, máquina fotográfica e/ou celular para fotografar as conchas, manual de malacologia e uma tábua de plástico para secagem das conchas. Inicialmente, as conchas foram lavadas na água, escovadas, postas para secar e em seguida fotografadas para posterior análise a partir do manual. A relevância da pesquisa consistiu em desenvolver práticas inovadoras que qualificam a construção do conhecimento de forma crítica, favorecendo o processo de aprendizagem em uma pesquisa de campo. A proposta era levar os professores a aprender uma prática pedagógica inovadora.

Quanto à abordagem, a pesquisa qualitativa partiu do exame da realidade por meio da análise interpretativa de experiências e circunstâncias que envolvem o fenômeno, cujo procedimento constituiu-se de uma investigação direta acerca do tema estudado. A discussão ocorreu a partir da leitura dos dados da perspectiva da literatura apresentada. Apresentamos a seguir os principais procedimentos e técnicas utilizados nessa pesquisa (Quadro1).

INVESTIGAÇÃO	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	REFERÊNCIAS
Investigação Qualitativa	Observação participante	Anotações comparativas nos diários de bordo a partir de observações de campo	Lüdke e André (1986)
Tipo: Estudo de Caso	Imagens	Fotografias como registro dos momentos da aula de campo	Bardim (2004)

Quadro 1 – Resumo das técnicas e instrumentos de coleta de dados empregados durante a prática pedagógica.

CONTEXTO DA INVESTIGAÇÃO: SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS PRÉ-HISTÓRICOS – OS SAMBAQUIS

Os sambaquis se configuram como importantes vestígios de ocupação humana e, também, os mais antigos registros culturais ocorridos na costa brasileira. Desde o litoral catarinense até o nordeste brasileiro, os sambaquis podem ser apontados como relevante espaço social que favorece a compreensão das culturas pré-históricas, sobretudo no que diz respeito à interação com o ambiente em seu redor. A investigação neste campo representa uma chave na leitura do homem americano (GASPAR, 2000). Os sambaquis mais antigos, como remanescentes da pré-história brasileira, datam em uma média de oito mil anos antes do presente. Os sambaquis capixabas podem ser datados em média 2.500 AP (CAMPOS, 2015).

Souza e Silva (2005) ensinam que os sambaquis representam sítios arqueológicos deixados ou construídos pelos grupos humanos que viviam da pesca e da coleta de moluscos, embora caçassem e coletassem, ou produzissem, ou domesticassem tubérculos como batata doce selvagem, inhame, entre outros. O termo sambaqui é derivado do tupi *tamba* (concha) e *ki* (amontoamento) (GASPAR, 2000). Trata-se de um *mound* culturalmente edificado formado basicamente por conchas e moluscos e outros restos de alimentos e artefatos, que indicam vestígios culturais de grupos humanos.

Esses sítios poderiam ser o local onde os grupos se alimentavam, se reuniam e sepultavam seus mortos (DEPINÉ; OKA FIORI, 2005). Sua localização ocorre, em sua maioria, em áreas de estuários, enseadas e baías, o que pode ser explicado pela necessidade dos habitantes de se localizarem próximos a áreas que permitissem ampliar suas fontes alimentares. Os sambaquis são encontrados ao longo de quase toda a costa litorânea não só do Brasil, mas em outros países.

Uma pesquisa conduzida por Pinto (2009) discute acerca da metodologia de construção dos sambaquis e faz uma descrição histórica das pesquisas desenvolvidas sobre sambaquis no Brasil. Para um pesquisador que nunca tivesse ouvido falar de um sambaqui, a leitura desta dissertação consistiria em ponto obrigatório. A pesquisa dispõe sobre o universo pré-histórico, com ênfase para a funcionalidade do sambaqui, como local de moradia dos mortos. O autor questiona alguns pressupostos defendidos por pesquisadores e reconhece, após dis-

cussão fundamentada, que os sambaquis não se constituíram em locais de habitação, uma vez que não há dados suficientes que sustentem tal afirmação. Para o autor, os buracos de estaca encontrados nas escavações arqueológicas indicam estruturas frágeis que visavam proteger os sepultamentos e evidenciar a ocorrência de culto. A maioria dos trabalhos consultados também reconhece os sambaquis como locais de práticas rituais. A reflexão de que os sambaquis se constituíam em locais para sepultamentos e de espaço para comunicação com o simbólico, com o divino, apontam para aspectos elaborados de sua organização, o que elimina qualquer especulação que tome os sambaquieiros como “bandos” ou como povos nômades.

Uma outra possibilidade de interpretação dos sambaquis diz respeito a linhas de avanço e de recuo mar, como na pesquisa realizada por Scheel-Ybert et al. (2009) os quais desenvolveram um estudo sobre o papel dos sambaquis como indicadores de pretéritos níveis do mar e concluíram que o uso dos sambaquis, como marcadores da linha de costa, é teoricamente possível, pois os grupos que produziram esses monumentos foram, de fato, associados aos ambientes costeiros. Os autores informam que esses grupos ocupavam os cordões arenosos litorâneos em áreas que associavam à presença do mar e de zonas lagunares ou estuarinas em suas proximidades.

No trabalho de Gernet e Birckolz (2011) sobre a fauna malacológica em sambaquis no litoral do Paraná, os autores concluíram que os moluscos encontrados somam um total de 31 espécies existentes e, de modo geral, não havia uma diferença na composição das espécies encontradas nos sítios. Os autores apontam que, nas espécies encontradas, verifica-se que o homem pré-histórico, que viveu por essas áreas, procurava alimento em regiões estuarinas, praias arenosas e florestas, visto que foi evidenciada a presença de gastrópodes terrestres nos sambaquis. Interessante notar que, segundo esses autores, todas as espécies identificadas nesses ambientes são capturadas ainda hoje, com certa abundância, nas áreas próximas dos sambaquis.

A Lei Federal nº 3.924 (BRASIL, 1961), que dispõe sobre os monumentos arqueológicos e históricos, em seu artigo 3º, coloca que “São proibidos, em todo o território nacional, o aproveitamento econômico, a destruição ou mutilação, para qualquer fim, das jazidas arqueológicas ou pré-históricas conhecidas como sambaquis, casqueiros, concheiros, birbigueiras

ou sernambis”. Entendemos que o cuidado em preservar esses ambientes relaciona-se com a importância de estudarmos nossa pré-história, bem como os hábitos e costumes de nossos ancestrais, visando ao entendimento dos movimentos culturais presentes na memória nacional. Porém, mesmo mediante a existência da lei, o que se observa é que a destruição desses sítios arqueológicos ocorre em grande escala devido à falta de fiscalização, aliada à ação predatória de fazendeiros que retiram as conchas para pavimentar vias de acesso às suas propriedades. Ocorre, ainda, o fato de os sambaquis se localizarem em espaços privados, cujos proprietários, na maioria das vezes, não têm conhecimento a respeito da importância desses sítios pré-históricos para a memória cultural brasileira.

PROCESSO INVESTIGATIVO NOS SAMBAQUIS – CONHECER SEM AGREDIR: UM TRABALHO EDUCATIVO

A nossa prática educativa, organizada por professores, em saídas de campo junto ao Programa de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática do Ifes, pode ser conduzida com alunos de diferentes faixas etárias, para levar a conhecimento o modo de viver e de domesticar o ambiente dos povos pré-históricos, o que pode despertar muita curiosidade e interesse. Citamos, dessa forma, os estudos referentes às diferenças de hábitos e costumes, à estruturação dos rituais praticados, à forma de se alimentar, enfim, informações do cotidiano sambaqueiro que, até hoje, podem ser observadas e que pas-

sam despercebidas, muitas vezes, em função da gama de possibilidades de conhecimentos, disponibilizadas por diferentes meios de comunicação no contexto tecnológico atual.

Para além do despertar para a curiosidade, sabemos da importância de um trabalho voltado para a compreensão crítica da dinâmica cultural, ocorrida numa linha temporal, de modo a levar os alunos a perceberem que, com relação a nossas sociabilidades, não temos tanta distância de nossos primos pré-históricos.

Seguindo essa linha de análise, entendemos que o estudo sobre os sambaquis se revela como uma rica oportunidade de aprendizagem de Ciências, abrangendo diferentes aspectos sejam eles sociais, culturais, naturais, a partir do estudo dos ambientes.

Foram realizadas duas aulas de campo, no decorrer dos meses de maio e junho de 2014, em dois sítios pré-históricos do tipo sambaqui. Um no município de Aracruz (Figura 1) e outro no município de Presidente Kennedy (Figura 2), ambos localizados, respectivamente, na região central e no litoral sul do estado do Espírito Santo – Brasil, tendo, como uma das metas, a coleta e a análise, a partir da decoração das conchas, de bivalves existentes nesses ambientes para estudo da sua localização, de modo a construir uma investigação escolar. A opção por esses sítios e por esse modelo de investigação justifica-se pela possibilidade de um trabalho de pesquisa de baixo custo, de fácil acesso, e que não agride o sítio arqueológico.

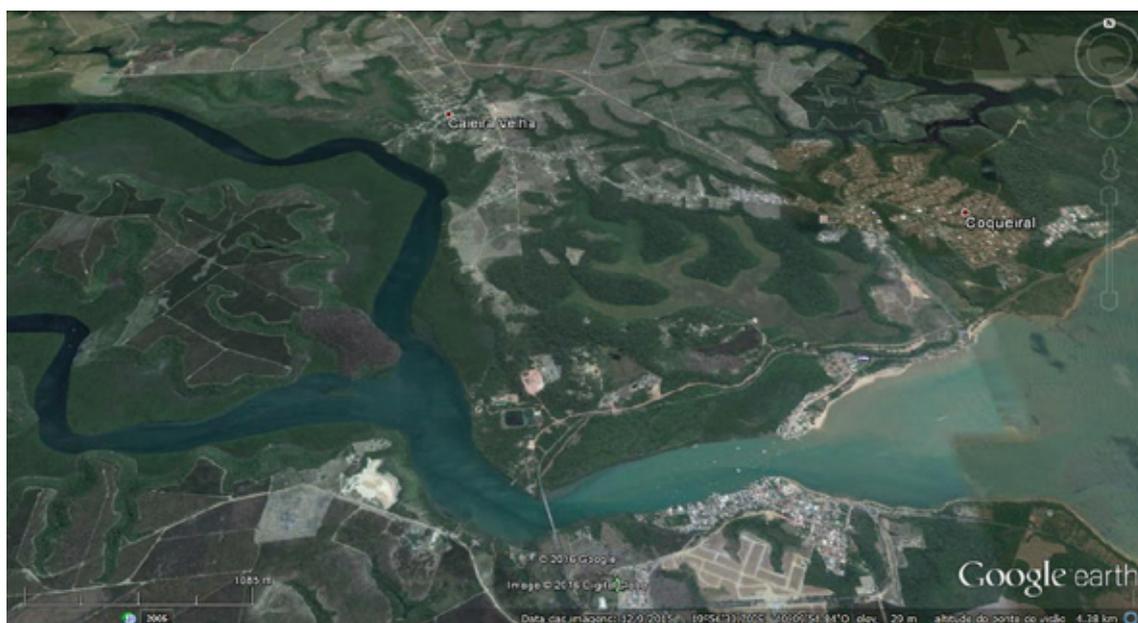


Figura 1 – Sambaquis nos manguezais de Aracruz (ES) e aldeias indígenas localizadas na região dos rios Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim. Escala aproximada de 1:108000. Fonte: Oliveira (2009).

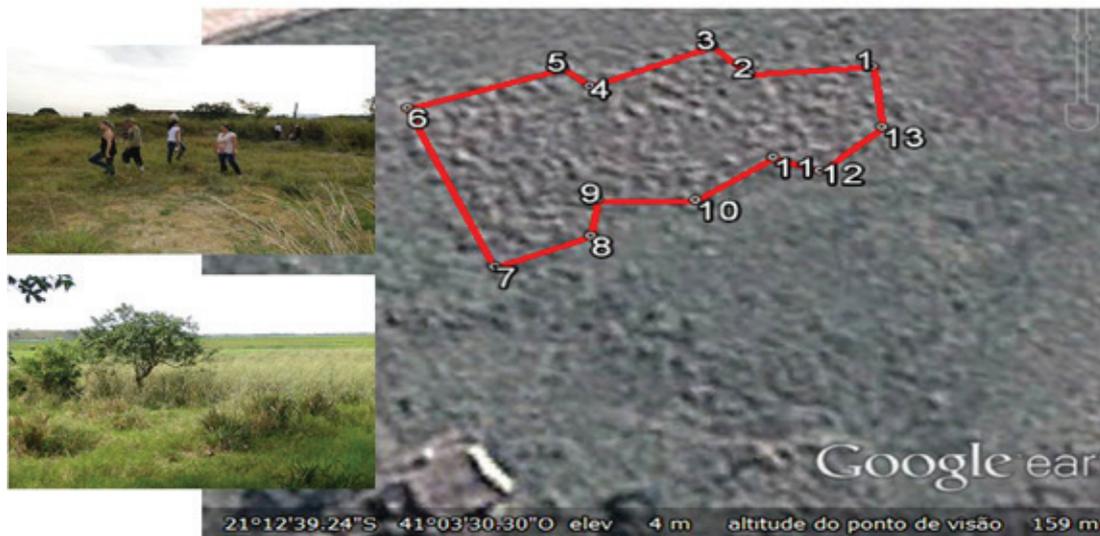


Figura 2 – Sambaqui Campinas 1, em Presidente Kennedy (ES), com a poligonal de sua demarcação. Escala aproximada 1:3700. Fonte: Krauzer et al. (2014).

Para a prática empregada (Figura 3), visando a não intervir fisicamente no *mound*, foram estudadas somente conchas soltas e próximas a este. Inicialmente, as conchas foram lavadas na água e depois escovadas, postas para secar e, em seguida, fotografadas para posterior análise a partir do manual. Depois de fotografadas e identificadas, as conchas foram devolvidas ao ambiente. De modo a seguir a uma proposta sistemática, somente eram colhidas conchas soltas na parte sul dos sítios, pelo fato de haver mais delas exatamente nessa parte do sambaqui.



Figura 3 – Professores-alunos estudando a composição malacológica do sambaqui. Fonte: Acervo dos autores.

Mesmo observando que os ambientes não estavam devidamente preservados, seguimos a orientação pelos cuidados que se deve ter no sentido de conservar ao máximo a constituição do sambaqui e não o descaracterizar. Assim, depois de fotografados os sambaquis e as conchas, realizamos a identificação das bivalves, com critério e cuidado, a partir do livro *Conchas marinhas de sambaquis do Brasil* (SOUZA; SILVA; LIMA, 2011).

O sambaqui localizado em Aracruz encontra-se em uma área estuarina no rio Piraquê-Açu, terras pertencentes aos indígenas que estão espacialmente organizados em várias aldeias (Figuras 4 e 5). A área se constitui em um sítio arqueológico que, segundo Oliveira (2009), está representado por depósitos quaternários, de construção marinha, originados por depósitos paleolagunares relacionados ao último período de aumento do nível marinho e por depósitos aluviais provenientes de pântanos costeiros e manguezais. Essas terras situam-se, em sua maior parte, em áreas de tabuleiros, constituindo um relevo plano. Marcadas pela presença dos rios Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim, constituíam-se em depressões que se transformaram em lagoas colmatadas por areias, silte e argila contendo conchas de moluscos marinhos e lagunares.



Figura 4
Sambaqui localizado em Aracruz (ES).
Fonte: Acervo dos autores.



Figura 5
Sambaqui localizado em Aracruz (ES). Fonte: Acervo dos autores.

O sítio Campinas 1, localizado em Presidente Kennedy, encontra-se, atualmente, em uma área privada, a uma distância aproximada de 14 km do Oceano Atlântico, o que nos leva a entender que, até cerca de cinco mil anos antes do presente, no máximo da transgressão marinha, os sambaquis se localizavam ao redor de uma grande laguna, ou uma enseada, que era irrigada pelo rio Itabapoana, cujas águas foram baixando gradativamente até formar, hoje, uma bacia de inundação. É possível indicar que os sambaquis da região de Presidente Kennedy foram construídos em período posterior à colmatação da grande enseada que ali existiu no pleistoceno e no holoceno, durante o máximo transgressivo dessa época (CONTTI NETO; ALBINO, 2011). Isso significa que, quando os sambaquieiros chegaram, possivelmente a partir de 5.000 AP, já existiam ali os terraços arenosos e já estava funcionando o sistema lagunar/estuarino que serviria de palco para as suas atividades sociais, favorecendo a formação das

sociedades, com sua complexa dinâmica social e tecnologia. As conchas eram colhidas próximas dali, pois os sambaquis, tanto da parte norte quanto da parte sul da laguna, ficam muito longe da praia atual. Durante a seleção das amostras, foram localizadas conchas fechadas. A existência de bivalves fechadas nos *mounds* indica que a coleta adveio de um momento em que ainda havia o molusco no seu interior, o que pode levar à reflexão de que, talvez, os sambaquieiros não se alimentassem desses moluscos. De qualquer forma, uma dieta baseada em moluscos é muito pobre e não seria fonte de energia para nenhum ser humano.

As espécies malacológicas observadas no sítio de Presidente Kennedy fazem parte do grupo *Anomalocardia brasiliana* e, no sítio de Aracruz, fazem parte do grupo *Ostrea equestris say* (Figuras 6 e 7). Gernet e Birckolz (2011), ao realizarem a taxonomia malacológica no litoral do Paraná, concluíram que a espécie bivalve

Anomalocardia brasiliana é a que compõe a maior parte dos *mounds* dessa região, espécie também encontrada no sambaqui de Presidente Kennedy. De acordo com Souza, Silva e Lima (2011), esta mesma espécie pode ser encontrada ao longo da costa atlântica das Américas, áreas correspondentes às Províncias Tropicais, Paulista e Patagônica. No Espírito Santo, a espécie foi encontrada nos sítios arqueológicos do município da Serra, sambaquis do Morro Jacuhy e da Torre. Em Vitória, foi encontrada no sítio arqueológico *Campus 2*, da Ufes.



Figura 6 – Sambaqui Campinas 1, localizado em Presidente Kennedy (ES).Fonte: Acervo dos autores.



Figura 7 – Pacote conchífero do sítio Campinas 1, em Presidente Kennedy (ES).Fonte: Acervo dos autores.

Em relação à espécie *Ostrea equestris say*, as conchas foram encontradas também em regiões ao longo da costa atlântica das Américas, áreas correspondentes às Províncias Tropicais, Paulista e Patagônica. No Espírito Santo, a espécie foi encontrada no município de Vitória, no sítio arqueológico *Campus 2* da Universidade Federal do Espírito Santos – Ufes (SOUZA; SILVA; LIMA, 2011).

A respeito da existência dos sambaquis na costa brasileira, Ab'saber (1990) nos ensina que a presença e ocupação humana na área ocorreram numa média de 6.000 anos, após a Transgressão Flandriana, dando origem às restingas e lagunas. Esse autor compreende que tais fatos promoveram mudanças fisiográficas e ecológicas no meio, resultando na proliferação de frutos do mar, o que veio a contribuir para modificar a dieta dos povos, que introduziram,

em sua alimentação, peixes, ostras, berbigões. Nessa dinâmica, esses povos deixaram a marca dos sambaquis, legitimando uma época marcada por essas atividades ao longo do litoral brasileiro.

Ao final da prática pedagógica, foi organizada uma roda de debates com o propósito de colher as impressões dos professores-alunos quanto à atividade desenvolvida. Duas questões nortearam as discussões: qual a percepção obtida das atividades e se seria possível a replicação dessas atividades na educação básica. Os depoimentos logo apontaram para a importância do uso de atividades experimentais no ensino de Ciências. Alguns citaram que as escolas têm laboratórios de informática, mas não possuem laboratórios de Ciências, e estudos na natureza podem favorecer a compreensão do movimento da ciência viva. Uma aula de campo no sambaqui revelou-se como uma alternativa para realizar práticas experimentais passíveis de serem realizadas, inclusive, com alunos da EJA, conforme comentário de um pedagogo presente no grupo, permitindo ao professor ir além das tradicionais aulas expositivas. Para um professor de Química presente no grupo, a sala de aula não permite que o aluno entenda o que é erro experimental, o que ele pode perceber no campo. Ele também fez questão de demonstrar aos demais um teste simples com ácido clorídrico a 3% em uma concha, chamado de teste de carbonato. Nesse teste, quando o ácido entra em contato com a concha, forma-se uma pequena reação indicando a presença de carbonatos. Quanto à possibilidade de levarem essa prática para suas escolas, todos concordaram ser plenamente possível, apesar das dificuldades quanto ao ônibus e ao processo burocrático para as aulas de campo, a mobilização e o apoio da equipe gestora para atividades dessa natureza. As aulas experimentais ou atividades investigativas desenvolvidas diretamente em campo podem reduzir a distância entre o mundo da ciência e o dia a dia do aluno, conforme o depoimento dos biólogos presentes. Quando as escolas não possuem laboratórios, a natureza, a cidade, a praça, o sítio arqueológico podem permitir a aprendizagem da dinâmica complexa dos fenômenos, constatação da maioria dos docentes participantes do debate.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sambaquis representam sítios arqueológicos que se constituem em excelentes motivadores para diversas pesquisas escolares a partir de processos de ensino e aprendizagem iniciados em sala de aula.

A mediação pedagógica do professor no trabalho investigativo nos sambaquis pode contribuir para a aprendizagem de conhecimentos históricos e científicos sobre a forma de assentamento e a metodologia de domesticação da paisagem. Ficou também explícito que os brasileiros pré-históricos já tinham conhecimento do potencial que as conchas apresentavam para a construção de sambaquis.

A proposta de se estudarem as espécies que compõem um sambaqui por meio de atividade investigativa pode representar uma prática pedagógica criativa e diferente para instigar a curiosidade junto aos alunos, além de recolher elementos para determinar a biodiversidade de espécies existentes na atualidade, bem como compreender, ainda que minimamente, alguns movimentos culturais que ainda estão presentes entre os grupos étnicos no território brasileiro. Na ilha de Maré, em Salvador (BA), por exemplo, até hoje, existe a coleta de bivalves para consumo. Moradores da ilha, com seus cestos de cipó, esquadrinham as praias, coletando conchas marinhas, quase da mesma forma que os sambaquieiros, e depois as descartam, sempre, no mesmo lugar, formando pequenos montes de material conchífero.

A localização geográfica dos atuais sambaquis pode se constituir em um recurso para a investigação científica em torno da dinâmica hidrográfica do planeta, revelando o movimento de aproximação ou afastamento das águas oceânicas, o que pode ser observado no sambaqui de Presidente Kennedy. Em campo, também é possível trabalhar com os alunos o desenho de croquis, a identificação de pontos de intervenção antrópica e o trabalho com coordenadas geográficas para identificar os sítios.

Pelas análises realizadas, ficou registrada a importância de se trabalhar com práticas inovadoras, que qualificam a construção do conhecimento pelo aluno de forma crítica, favorecendo o processo de ensino e aprendizagem em atividades de pesquisa de campo. É possível combinar conhecimentos científicos com a habilidade de tirar conclusões baseadas em evidências, de modo a compreender os processos científicos e sua lógica. O trabalho, mediado pelo professor

pode ajudar o aluno a tomar consciência sobre o mundo, compreender que as formas de ocupação do espaço e as metodologias de assentamento dos povos pré-históricos revelam-se como conhecimento que contribui para a articulação temporal entre nós e eles.

Essa questão pode vir a colaborar para o pleno exercício da cidadania e para o processo de

alfabetização científica, na medida em que leva nossa existência para além dos tempos atuais. Conhecer o sambaqui não significa somente aprender malacologia, composição biótica, coordenadas geográficas, variação do nível do mar e arqueologia, inclui logicamente o aprendizado da importância da preservação do patrimônio arqueológico que é nosso, é dos capixabas, é de todos os brasileiros, abrindo possibilidades para novos estudos e pesquisas.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. Painel das interferências antrópicas na fachada atlântica do Brasil: litoral e retroterra imediata. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA: ESTRUTURA, FUNÇÃO E MANEJO, 2, 1990, Águas de Lindoia. *Anais do II Simpósio...* Águas de Lindoia: ACIESPE, 1990.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. 3. ed. Lisboa: Edições 70, 2004.
- BRASIL. **Lei nº 3.924, de 26 de julho de 1961**. Dispõe sobre os monumentos arqueológicos e pré-históricos. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, 26 jul. 1961.
- CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D.; CARVALHO A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. (Org.). *A necessária renovação do ensino de Ciências*. São Paulo: Cortez, 2005.
- CAMPOS, C. R. P. *O Sambaqui Campinas 1: um estudo de caso à luz da Arqueologia da Paisagem*. Monografia (Especialização) – Museu Nacional da UFRJ, Rio de Janeiro, 2015.
- CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. *Metodologia Científica: para uso de estudantes universitários*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1983.
- CHASSOT, A. *A ciência através dos tempos*. São Paulo: Moderna, 1994.
- _____. *Alfabetização científica: questões e desafios para a educação*. 5. ed. Ijuí: Unijuí, 2011.
- _____. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. *Revista Brasileira de Educação*, n. 22, p. 89-100, jan./abr. 2003.
- CONTI NETO, N.; ALBINO, J. Quaternary Evolution of Rio Itabapoana coastal plain and its relation with vulnerability. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 13. 2011. Armação de Búzios/RJ. *Anais do XIII Congresso...* Armação de Búzios/RJ: ABEQUA, 2011.
- DAMIANI, M. F. Entendendo o trabalho colaborativo em educação e revelando seus benefícios. *Educar*, Curitiba, Editoria UFPR, n. 31, p. 213-230, 2008.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2009.
- DEMO, P. *Educação e alfabetização científica*. Campinas: Papyrus, 2010.
- DEPINÉ, P.; OKA FIORE, C. Análise ambiental da área do sambaqui Guaraguaçu, município de pontal do Paraná, litoral do Estado do Paraná, Brasil. *RA'EGA*, n. 9, p. 107-122. Curitiba: Editora UFPR, 2005.
- DUARTE, N. As pedagogias do aprender a aprender e algumas ilusões da assim chamada sociedade do conhecimento. *Revista Brasileira de Educação*, n. 18, p. 35-40, set. 2001.
- GASPAR, M. D. *Sambaqui: arqueologia do litoral brasileiro*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2000.
- GERNET, M. V.; BIRCKOLZ, C. J. Fauna malacológica em dois sambaquis do litoral do Estado do Paraná, Brasil. *Revista Biotemas*, v. 24, n. 3, p. 39-49, set. 2011.
- KRAUZER, K.; JESUS, T. B. CARVALHO, M. P. MACHADO, J. E. W. CAMPOS, C. R. P. Explorando um sítio arqueológico sob diversos olhares: das práticas de ensino ao ensino das práticas. In: ENCONTRO NACIONAL EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4. 2014. Niterói/RJ. *Anais do IV Encontro...*, Niterói/RJ: UFF, 2014.
- LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986.
- MARANDINO, M. Interfaces na relação museu-escola. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 18, n.1, p. 85-100, abr. 2001.
- MARANDINO, M.; KRASILCHIK, M. *Ensino de Ciências e cidadania: cotidiano escolar, ação docente*. 2. ed. Moderna: São Paulo, 2007.
- NÓVOA, A. Formação de professores e profissão docente. In: NÓVOA, A. (Org.) *Os professores e a sua formação*. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1992.
- OLIVEIRA, D. B. A. *Os aldeamentos indígenas do distrito de Santa Cruz (Aracruz – ES) e suas inter-relações com os manguezais da bacia do rio Piraquê-Açu: o caso das aldeias de Caieiras Velhas, Boa Esperança, Três Palmeiras e Piraquê-Açu Mirim*. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ecossistema) – Centro Universitário Vila Velha, 2009.
- PEIXOTO, M. A. N.; TÉRAN, A. F.; BARBOSA, I. S. Aprendizagem em espaços não formais: didática, aprendizagem e epistemologia. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10, 2015, Águas de Lindoia/SP. *Anais do X Encontro...*, Águas de Lindoia/SP: ABRAPEC, 2015.

RIVAS, N.; KAWASAKI, C. S.; SICCA, N.A. L.; PINTO, J.M.R. Formação continuada de profissionais da educação: a busca de integração entre gestão e currículo no cotidiano escolar. *Paideia*, Ribeirão Preto, n. 12-13, fev./ago. 1997.

PINTO, D. C. *Concha sobre concha: construindo sambaquis e a paisagem no Recôncavo da Baía de Guanabara*. (Dissertação de Mestrado em Arqueologia) – Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

SOUZA, R. C. C. L.; SILVA, E. P. Sambaqui: baú de preciosas informações. *Ciência Hoje*. v. 36, n. 234, 2005.

SOUZA, R. C. C. L.; SILVA, E. P.; LIMA, T. A. *Conchas marinhas de sambaquis do Brasil*. Rio de Janeiro: Technical Books, 2011.

VYGOTSKY, L. S. *A formação social da mente*. São Paulo, Martins Fontes, 1998.

SCHEEL-YBERT, R.; AFONSO, M. C.; GUIMARÃES, M. B.; GASPAR, M. D. YBERT, J. P. *Considerações sobre o papel dos sambaquis como indicadores do nível do mar*. Rio de Janeiro: Museu Nacional da UFRJ/Museu de Arqueologia e Etnologia da USP, 2009.

DADOS DOS AUTORES

Maria Luiza de Lima Marques (mluizamarkes@gmail.com), mestre em Educação em Ciências, professora da Rede Pública Estadual do Espírito Santo.

Cristiane Ramos Teixeira (crispji@ig.com.br), mestre em Educação em Ciências, professora da Rede Municipal de Cariacica, Espírito Santo.

Marcelo Scabelo da Silva (marceloscabelo@gmail.com), mestrando em Educação em Ciências, professor da Rede Pública Estadual do Espírito Santo.

Carlos Roberto Pires Campos (carlosr@ifes.edu.br), doutor em História Social pela PUC-Rio, vinculado ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências do Ifes.

Eduardo Augusto Moscon Oliveira (eduardomoscon@hotmail.com), doutor em História pela UFBA, professor da Ufes, vinculado ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências do Ifes.

