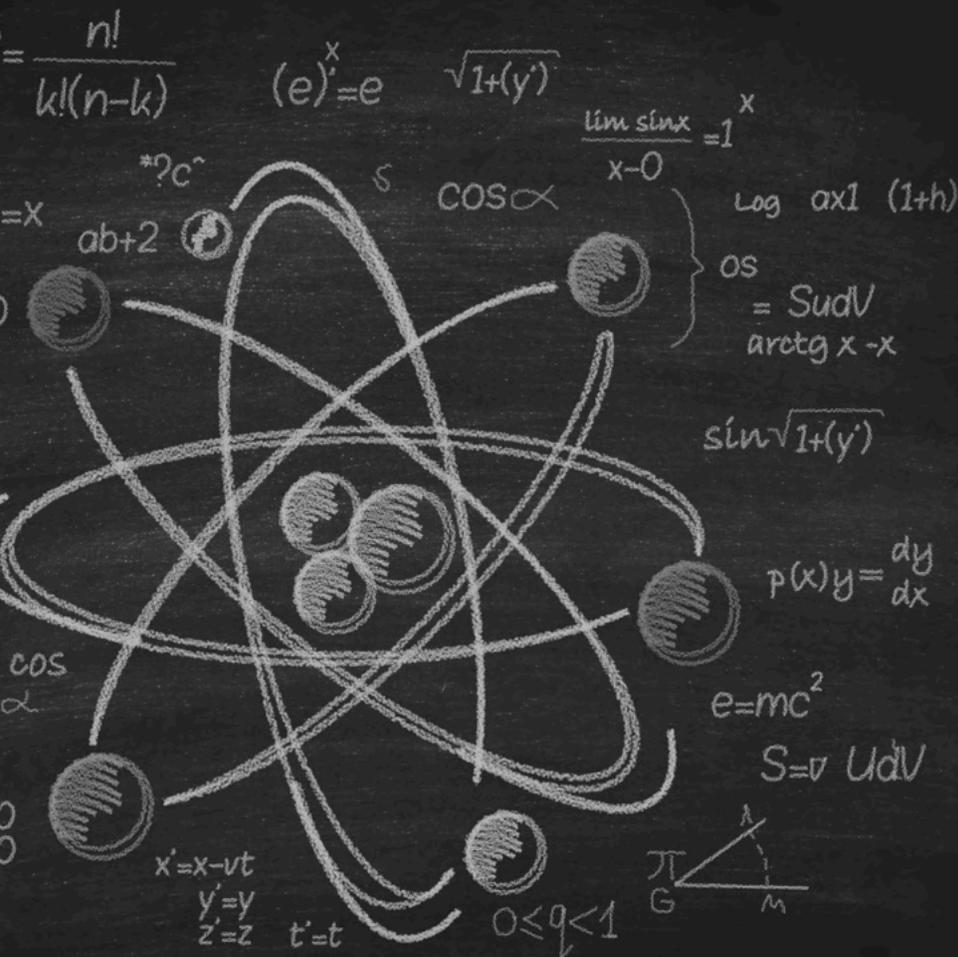


CIÊNCIAS EXATAS e da terra:

Observação, formulação e previsão

Érica de Melo Azevedo
(Organizadora)



CIÊNCIAS EXATAS e da terra:

Observação, formulação e previsão

Érica de Melo Azevedo
(Organizadora)

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Ciências exatas e da terra: observação, formulação e previsão

Diagramação: Daphynny Pamplona
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadora: Érica de Melo Azevedo

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Ciências exatas e da terra: observação, formulação e previsão / Organizadora Érica de Melo Azevedo. - Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0049-3

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.493222503>

1. Ciências exatas e da terra. I. Azevedo, Érica de Melo (Organizadora). II. Título.

CDD 507

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos - CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa - Paraná - Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

Primeiramente, seja bem-vindo a mais uma obra publicada pela Atena Editora! Esse é mais um e-book que apresenta trabalhos de qualidade de pesquisadores nacionais e internacionais com textos em língua portuguesa e língua espanhola.

Os recentes acontecimentos no município de Petrópolis, na região serrana do Rio de Janeiro, têm nos ensinado muitos conceitos importantes sobre a vida em sociedade, como solidariedade, união e empatia. Porém, não podemos deixar de questionar e cobrar os órgãos públicos competentes acerca dos estudos, prevenção e alternativas para problemas como esse, que envolvem perspectivas geológicas, sociais, urbanas e econômicas. Não haveria momento mais pertinente para o lançamento desta obra, uma vez que a mesma, intitulada 'Ciências exatas e da terra: Observação, formulação e previsão', conta com 11 capítulos que tratam de assuntos atuais e relacionados a estudos da dinâmica urbana, prevenção de desastres, estudos sobre deslizamentos, aspectos geomorfológicos de solos e aspectos de ensino e aprendizagem de ciências exatas. Afinal, além da pesquisa de ponta, é necessário priorizar o ensino básico, pois é a partir dele que se desenvolve e incentiva os novos profissionais. Esses trabalhos, sem dúvida, contribuirão para a divulgação e valorização desses importantes estudos capazes de prevenir e compreender acontecimentos como o de Petrópolis-RJ. Por isso, é importante valorizar e incentivar pesquisas que salvam vidas. Desejo uma boa leitura!

Érica de Melo Azevedo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

EXERCÍCIOS SIMULADOS PARA PREPARAÇÃO DE EVENTOS RELACIONADOS AO ROMPIMENTO DE BARRAGENS

Rafaela Baldi Fernandes

Karina Salatiel do Nascimento

Caroline das Dôres Zeferino

Taila Crístia Souza Sant'Ana

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4932225031>

CAPÍTULO 2..... 9

ESCOLA SEGURA E COMUNIDADES RESILIENTES

Osmar da Silva Laranjeiras

André Munhoz de Argollo Ferrão

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4932225032>

CAPÍTULO 3..... 26

CONCENTRACIÓN URBANA Y DESIGUALDAD SOCIOECONÓMICA: UNA DICOTOMÍA LATENTE DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN AMÉRICA LATINA

Héctor Manuel Cortez Yacila

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4932225033>

CAPÍTULO 4..... 42

O USO DA DOMINÂNCIA NO PROBLEMA DA ÁRVORE GERADORA MÍNIMA COM PARÂMETROS FUZZY

Fabio Hernandes

Lucas Fernando Frighetto

Mauro Henrique Mulati

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4932225034>

CAPÍTULO 5..... 62

AVALIAÇÃO DA RUPTURA DE MUROS DE ARRIMO: ANÁLISE E PROJETO DE MUROS DE GRAVIDADE

Karina Macedo Carvalho

Elisângela Arêas Richter dos Santos

Armando Prestes de Menezes Filho

José Guilherme Santos da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4932225035>

CAPÍTULO 6..... 59

O USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA DELIMITAÇÃO DE ÁREA ÚMIDA E ENTORNO PROTETIVO, CONFORME LEGISLAÇÃO PARANAENSE, EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA EXPERIMENTAL

Ana Paula Marés Mikosik

Eduardo Vedor de Paula

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4932225036>

CAPÍTULO 7..... 92

INDÍCIOS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM ALUNOS DE UMA INSTITUIÇÃO DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA NA TEMÁTICA DE TERRA COMO UM CORPO CÓSMICO

Jefferson Oliveira do Nascimento

Italo Gabriel Neide

Sônia Elisa Marchi Gonzatti

Marcelo Albano Moret

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4932225037>

CAPÍTULO 8..... 106

ONDAS PLANAS EM UM MEIO ESTRATIFICADO

Jefferson Oliveira do Nascimento

Hernane Borges de Barros Pereira

Davidson Martins Moreira

Marcelo Albano Moret

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4932225038>

CAPÍTULO 9..... 113

REDES COMPLEXAS E SOCIAIS COMO FERRAMENTAS PARA O ESTUDO DE UM SISTEMA COMPLEXO BASEADO EM *KEYWORDS* DE PRODUÇÕES CIENTÍFICAS

Jefferson Oliveira do Nascimento

Hernane Borges de Barros Pereira

Marcelo Albano Moret

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4932225039>

CAPÍTULO 10..... 122

VAMOS DE SAFARI POR LA SABANA MATEMÁTICA + NEUROCIENCIAS + INTELIGENCIAS MÚLTIPLES = NUEVA EXPERIENCIA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Adriana Mónica Gandolfi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.49322250310>

CAPÍTULO 11..... 131

REDES SEMÂNTICAS COMPLEXAS BASEADAS EM ABSTRACTS

Jefferson Oliveira do Nascimento

Hernane Borges de Barros Pereira

Marcelo Albano Moret

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.49322250311>

SOBRE A ORGANIZADORA..... 139

ÍNDICE REMISSIVO..... 140

CAPÍTULO 1

EXERCÍCIOS SIMULADOS PARA PREPARAÇÃO DE EVENTOS RELACIONADOS AO ROMPIMENTO DE BARRAGENS

Data de aceite: 01/02/2022

Rafaela Baldi Fernandes

Engenheira Geotécnica, PhD

Karina Salatiel do Nascimento

Engenheira Geotécnica

Caroline das Dôres Zeferino

Graduanda (Eng. Minas).

Taila Crístia Souza Sant’Ana

Geóloga, MSc

RESUMO: Os desastres são eventos de causa natural e/ou tecnológica que afetam a normalidade do funcionamento de uma determinada estrutura e, por extensão, de um ordenamento social, seja ele interno ou externo a atividade proposta. Por consequência, provoca danos e prejuízos à sociedade, tanto do entorno, quando dos municípios atingidos, direta ou indiretamente, afetando a economia, ecossistemas e desenvolvimento humano. Os simulados de preparação para desastres, como no caso das rupturas de barragem, são definidos como exercícios de teor prático que consideram a mobilização de pessoas e recursos para avaliar, em tempo real, a efetividade das estratégias para remoção de pessoas de áreas de risco.

PALAVRAS-CHAVE: Simulados, emergência, rompimento, barragens.

ABSTRACT: Disasters are natural and/or technological events that affect the normal functioning of a given structure and, by extension,

of a social order, whether internal or external to the proposed activity. Consequently, it causes damage and losses to society, both in the surroundings and in the affected municipalities, directly or indirectly, affecting the economy, ecosystems and human development. Disaster preparedness drills, as in the case of dam failures, are defined as practical exercises that consider the mobilization of people and resources to assess, in real time, the effectiveness of strategies for removing people from risk areas.

KEYWORDS: Simulated, emergency, failure, dams.

CARACTERIZAÇÃO DOS ROMPIMENTOS DE BARRAGENS

Os desastres são eventos de causa natural e/ou tecnológica que afetam a normalidade do funcionamento de uma determinada estrutura e, por extensão, de um ordenamento social, seja ele interno ou externo a atividade proposta. Por consequência, provoca danos e prejuízos à sociedade, tanto do entorno, quando dos municípios atingidos, direta ou indiretamente, afetando a economia, ecossistemas e desenvolvimento humano. A sinistologia é uma ciência que agrega estudos e pesquisas sobre desastres.

Por definição, um desastre só ocorre quando afeta pessoas, causando danos e prejuízos. Desta forma, é possível concluir que o desastre não é natural, sendo essencialmente social. Por exemplo, se uma chuva cai sobre

uma área no meio do oceano, longe da rota de aviões e navios, sem afetar pessoas ou ecossistemas, não pode ser caracterizada como desastre. Entretanto, se a mesma chuva cair sobre uma comunidade, como no caso das ocupações em encostas, poderá se tornar um desastre à medida em que atinge um quantitativo de pessoas. A causa não é apenas a ameaça natural da tempestade, mas o fato de haver pessoas em situação de vulnerabilidade em locais onde a tempestade atingir. A gênese do desastre está na incapacidade em fornecer conhecimento, técnicas, preparação e treinamentos para uma determinada população em relação à uma situação de crise, ampliando o impacto do desastre.

Em 10 de abril de 2012, foi instituída a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), que dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (CONPDEC).. Esta Política autoriza a criação de um sistema de informações e monitoramento de desastres e altera as Leis n.º12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996.

O Ministério da Integração Nacional, por meio da Secretaria Nacional de Defesa Civil, estabeleceu uma Política Nacional de Defesa Civil (PNDC), a qual foi publicada no Diário Oficial da União nº 1, de 2 de janeiro de 1995, através da Resolução nº 2, de 12 de dezembro de 1994. A PNDC estabelece diretrizes, planos e programas prioritários para o desenvolvimento de ações de prevenção, preparação, resposta e reconstrução no âmbito da ocorrência de um desastre, bem como a prestação de socorro e assistência às populações afetadas.

Em função de suas causas primárias, os desastres secundários às ações ou omissões humanas são classificados em:

- Desastres humanos de natureza tecnológica
- Desastres humanos de natureza social
- Desastres humanos de natureza biológica

Nesse sentido, os desastres humanos de natureza tecnológica classificam-se em:

- Desastres siderais de natureza tecnológica
- Desastres relacionados com meios de transporte sem menção de risco químico ou radioativo
- Desastres relacionados com a construção civil
- Desastres de natureza tecnológica relacionados com incêndios
- Desastres de natureza tecnológica relacionados com produtos perigosos
- Desastres relacionados com concentrações demográficas e com riscos de colapso ou exaurimento de energia e de outros recursos e/ou sistemas essenciais

Para o caso das barragens, que se trata de uma obra civil, os desastres são subdivididos em:

- Desastres relacionados com a danificação ou a destruição de habitações
- Desastres relacionados com a danificação ou a destruição de obras de arte ou de edificações por problemas relativos ao solo e às fundações
- Desastres relacionados com a danificação ou a destruição de obras de arte ou de edificações por problemas de estruturas
- Desastres relacionados com o rompimento de barragens e riscos de inundação a jusante
- Desastres e/ou acidentes de trabalho ocorridos durante a construção

Portanto, na eventualidade de uma ruptura de barragem, os efeitos podem ser considerados como desastre, assim definido na Política Nacional de Defesa Civil - PNDC. Pelo sistema de Codificação de Desastres, Ameaças e Riscos - CODAR, também previsto na PNDC, este tipo de desastre é codificado com a seguinte identificação alfanumérica: CODAR-HT.CRB 21.304.

ETAPAS DOS SIMULADOS

Os simulados de preparação para desastres, como no caso das rupturas de barragem, são definidos como exercícios de teor prático que consideram a mobilização de pessoas e recursos para avaliar, em tempo real, a efetividade das estratégias para remoção de pessoas de áreas de risco. Nesse sentido, se transforma em um treinamento prático para que ordenamento das ações seja previamente estabelecido e estudado, minimizando os equívocos e permitindo que haja sincronia em uma situação de emergência.

É válido ressaltar que um simulado de ruptura de barragem não deve ser uma ação isolada, devendo ocorrer integrados aos processos de gestão local de riscos da comunidade do entorno e dos municípios atingidos. A qualidade das relações entre a comunidade, empresas, órgãos e agências é fundamental para a efetividade deste tipo de ação. A articulação entre os diferentes atores sociais visa reduzir os riscos, com foco na redução da vulnerabilidade das pessoas frente aos desastres.

A intenção de aprendizagem proposta pelo simulado independe da qualidade do mesmo, mas, sim, da qualidade da sua preparação. Uma vez que o exercício é desenvolvido com base em um cenário de risco, o planejamento e as técnicas envolvidas nessa ação são primordiais para o sucesso do simulado. Todas as etapas devem ser avaliadas à exaustão para que, quando relacionadas, propiciem um desencadeamento produtivo e eficaz.

É importante que este tipo de prática ocorra com certa periodicidade para que sejam atualizados os procedimentos e revisados planos e funções, de acordo com as alterações realizadas no empreendimento e nas áreas de jusante.

De acordo com a Resolução ANM n° 51 de 24 de dezembro de 2020, os simulados podem ser considerados de dois tipos: interno e externo. Os exercícios simulados internos,

ainda podem ser subdivididos em hipotético, quando se refere a um teste lúdico da efetividade e operacionalidade do PAEBM – Plano de Ação Emergencial de Barragens de Mineração, ou práticos, com exercícios simulados de campo. A simulação hipotética pode considerar mapas, modelos em 3D representativos da barragem e ferramentas que aproximem a condição de campo do cenário real e tem por objetivo avaliar a capacidade e o tempo de resposta do empreendedor aos casos de emergência. Já nos simulados práticos há a ativação e mobilização dos centros de operação de emergência, internos ao empreendimento, bem como funcionários e recursos disponíveis para os procedimentos internos de evacuação. Nesse sentido, tais treinamentos contribuem para se manter o estado de prontidão, uma vez que permitem uma maior sinergia entre os envolvidos na situação de emergência e as atribuições relacionados no PAEBM, permitindo uma evolução operacional e amadurecimento em relação aos procedimentos propostos.

O envolvimento da comunidade do entorno, principalmente os moradores contabilizados na ZAS – Zona de Autossalvamento e Defesa Civil, além de representantes das prefeituras, hospitais, polícia, companhias de abastecimento de energia e água, dentre outros, é considerado nos simulados externos. A exposição dos mapas de inundação, das rotas de fuga e dos pontos de encontro visam discutir os procedimentos à medida em que se prepara para o simulado de evacuação com todos os envolvidos. De uma forma geral, os simulados podem ser, basicamente, divididos em cinco etapas, a saber:

Etapa 1 – Preparação do simulado

- Levantamento prévio de informações e caracterização dos riscos locais
- Levantamento dos mecanismos de enfrentamento já existentes na comunidade
- Levantamento dos recursos humanos e materiais
- Elaboração do Plano de Contingência Local
- Envolvimento dos múltiplos órgãos no processo de preparação e planejamento do exercício
- Definição da Comissão de organização do Simulado

Etapa 2 – Planejamento

- Avaliação das necessidades e finalidade do exercício
- Descrição da finalidade
- Definição dos objetivos
- Elaboração do cenário de risco
- Descrição dos problemas
- Descrição das ações esperadas

- Preparação das mensagens
- Definição das famílias/pessoas que serão envolvidas
- Definição de sistema de alerta, alarme e monitoramento
- Definição do abrigo provisório
- Remoção de animais domésticos
- Elaboração de um plano de ações e passo a passo da programação do simulado
- Definir planos de ação alternativos para execução do simulado
- Produção de mapas e croquis
- Definição das áreas de segurança
- Definição de data e horário
- Definição da participação dos meios de comunicação na realização dos simulados
- Definição dos observadores
- Difusão do plano de ações do simulado.

Etapa 3 – Mobilização da Comunidade

- Reconhecimento da realidade local
- Definição das pessoas da comunidade que devem participar do exercício
- Definição das estratégias de comunicação e sensibilização da comunidade
- Divulgação ou debate do plano de contingência local
- Divulgação e elaboração do plano de ações

Etapa 4 – Execução

- Divisão dos grupos envolvidos na atividade
- Notificação da ameaça – sistema de alerta
- Comando e controle do exercício
- Sinalização das áreas seguras
- Deslocamento das pessoas para o abrigo
- Organização do abrigo para a recepção da população removida
- Divulgação na mídia de forma estruturada e integrada
- Participação de figuras políticas.

Etapa 5 – Avaliação

- Adoção de formulários padronizados para a coleta de informações observadas, tanto quantitativas como qualitativas
- Reunião de avaliação com os parceiros envolvidos, observadores e comunidade

O treinamento e a educação dos funcionários de um determinado empreendimento, bem como da população no entorno deste empreendimento e demais participantes envolvidos no PAE – Plano de Ação Emergencial, é fundamental para reduzir riscos e prevenir perdas. Ao ter ciência do que deve ser feito em uma situação de emergência, ampliam-se as chances de salvaguardar vidas, bem como das consequências do evento.

A atividade de simulação tem um caráter preventivo que tem por objetivo orientar a população e a equipe interna em caso de emergência nos barramentos. No ano de 2017 o ANM instituiu a Portaria nº. 70.389 que estabelece o cadastro nacional de barragens de mineração e define obrigações aos empreendedores, que incluem a elaboração do Plano de Ações Emergenciais de Barragem de Mineração (PAEBM). e a necessidade de realização de simulados de emergências para determinadas classes de barragens. Para as barragens de acumulação de água para geração de energia, os dispositivos são estabelecidos na Resolução ANEEL nº 696, de 15 de dezembro de 2015. Para as barragens de água há diretrizes estabelecidas nos normativos ANA, IGAM e FEAM, ressaltando que para Minas Gerais, ainda devem ser atendidos os requisitos da Política Estadual de Segurança de Barragens.

SIMULADOS E A GESTÃO INTEGRADA

Os conceitos de gestão integrada de emergência devem ser estabelecidos no Plano de Ação Emergencial (PAE). garantindo que, em casos de perigo, as pessoas que estão presentes em áreas públicas e privadas possam ser rapidamente evacuadas e encaminhadas para uma área segura. O conceito de evacuação é baseado na orientação, que inclui os exercícios práticos e treinamentos, guiado pelo princípio maior de salvar vidas.

Os exercícios de evacuação (*evacuation drills*). devem ser programados par garantir a prontidão de profissionais, empresas e comunidades envolvidas, além de uma boa adesão à atividade prática. Estabelecer uma rotina de simulada objetiva criar uma cultura de segurança, possibilitando a avaliação de diversos cenários de emergência e criando a oportunidade de melhoria contínua à medida em que amplia a eficiência das evacuações.

Basicamente, há dois tipos de exercícios de evacuação: exercícios com aviso prévio ou sem aviso prévio. No primeiro caso, é informado a data, horário e tipo de evento com antecedência, sendo recomendados como um exercício inicial. Já nos exercícios sem aviso é possível avaliar a efetividade dos treinamentos e do envolvimento das pessoas, já que a

data e horário não serão conhecidos e não há como ensaiar estado de prontidão e reações. Esse segundo caso se aproxima mais dos eventos reais, mas requer que todos tenham tido treinamento prévio bem consolidado sobre as rotinas de evacuação.

Os exercícios de evacuação incluem a ativação de um alarme para garantir a confiabilidade, junto a uma evacuação ordenada e disciplinada. É importante que uma equipe esteja dedicada a avaliar quaisquer problemas decorrentes da evacuação para que posteriormente sejam discutidos e melhorados para os treinamentos seguintes.

Quando se trata da simulação da equipe interna o público-alvo do treinamento é a equipe técnica interna, brigada de emergência, SESMT - Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho e a CIPA - Comissão Interna de Prevenção de Acidentes, devendo ser considerado uma premissa um PAE atualizado complementar aos treinamentos teóricos.

O PAE é um documento desenvolvido pelo empreendedor que deve apresentar uma escrita de fácil entendimento para o público em geral e seu conteúdo deve deixar claro, as situações de possíveis emergências, as ações a serem praticadas nesses casos e os agentes a serem notificados. Livro “Manual para elaboração de Plano de Ação Emergencial de Barragens de Mineração, de autoria de Rafaela Baldi Fernandes, apresenta um roteiro para a elaboração dos documentos de PAE que, no mínimo, devem conter:

1. Apresentação do seu objetivo
2. Identificação e contatos do Empreendedor, do Coordenador do PAE e das entidades constantes do Fluxograma de Notificações
3. Descrição da barragem e suas estruturas associadas
4. Detecção, avaliação e classificação das situações de emergência em níveis 1, 2 e/ou 3, ou correlatos
5. Ações esperadas de acordo com os níveis emergenciais
6. Descrição dos procedimentos preventivos e corretivo
7. Registros dos recursos materiais e logísticos disponíveis para uso nas emergência
8. Procedimentos de notificação (incluindo o Fluxograma de Notificação). e Sistema de Alerta
9. Responsabilidades no PAE (empreendedor, coordenador do PAE, equipe técnica e Defesa Civil).
10. Estudos de *Dam Break*, indicação da zona de auto salvamento (ZAS). e zona de segurança secundária (ZSS). assim como dos pontos vulneráveis potencialmente afetados

Para a execução do treinamento é necessário que haja uma sala para uma explanação

teórica inicial, transporte para a barragem em questão, simulação da emergência depois de uma ambientação no local e, por fim, uma avaliação. Geralmente, esta simulação necessita da disponibilidade de cerca de 3 a 4 horas, de acordo com as condições locais.

A simulação externa necessita do PAE implantado e atualizado, além do plano de comunicação adequado do evento e mapeamento das comunidades e cadastro dos atingidos, sendo necessário diagnosticar a vulnerabilidade socioeconômica dos ameaçados. Ainda, deve incluir o mapeamento de hospitais e estruturas de apoio, pontos de auto salvamento e sistemas de alerta. O público-alvo são as comunidades, defesa civil, autoridades locais, brigadas de emergência, equipe técnica, SESMT e CIPA, dentre outros. Para a preparação previa deve haver um treinamento teórico preparatório (equipe interna), além do alinhamento/mobilização da Defesa Civil, Corpo de Bombeiros e polícias (Civil e Militar).. Ainda, alinhamento/mobilização prefeitura, alinhamento/mobilização hospitais, divulgação para a mídia local e divulgação ampla para comunidades. A dinâmica inclui o uso de uma sala para explanação teórica, transporte para o campo para simulação, material informativo preparatório para comunidades, filmagem, fotografia e documentação, megafones, alto falantes, ambulâncias, equipes de apoio, e demais recursos necessários, além de formulário de avaliação. A simulação ocorre, geralmente, entre 6 a 8 horas, dependendo das condições locais da distância até a barragem, meios locomoção, dentre outros.

Os treinamentos e exercícios simulados não são uma garantia da não ocorrência de rompimentos, haja visto que é essencial a efetividade das rotinas de inspeção, monitoramento e manutenção das estruturas. Entretanto, estar bem preparado para uma situação de emergência reduz o risco de perdas de vida, além de ampliar o entendimento conjunto sobre procedimentos de segurança e ser uma ferramenta ativa, que pode e deve ser constantemente atualizada, para o sistema integrado de gestão de segurança de barragens.

Data de aceite: 01/02/2022

Data de submissão: 24/11/2021

Osmar da Silva Laranjeiras

Universidade Estadual de Campinas –
UNICAMP – doutorando no programa de
Ensino e História de Ciências da Terra –
Instituto de Geociências/IG
<http://lattes.cnpq.br/9438466979360033>

André Munhoz de Argollo Ferrão

Universidade Estadual de Campinas –
UNICAMP
Docente de Ensino e História de Ciências da
Terra – Instituto de Geociências/IG
<http://lattes.cnpq.br/6151115502694727>

RESUMO: A escola segura é uma necessidade cada vez mais urgente na perspectiva da redução dos riscos e desastres de qualquer natureza que possam comprometer a integridade física e psicológica de seu público, em particular a dos estudantes, por representar um grupo numericamente superior dentro da unidade de ensino. Desse modo a escola segura configura um direito universal mediante sistemas de cooperação mútua envolvendo a ONU e suas parceiras, comunidade escolar, Defesa Civil, Corpo de Bombeiros, comunidades locais e ordenamentos jurídicos. Por outro lado, a sua implantação ocorre mediante experiências externas, em particular pelo Marco de Sendai, formando uma rede de governança que norteia o projeto até ao estado de resiliência do ensino. Além dessas ferramentas a implementação da Escola

Segura se baseia nos três pilares propostos pelo Marco de Sendai voltados à redução de riscos e desastres, com conscientização, treinamento e uma cultura de aprendizagem permanente.

PALAVRAS-CHAVE: Escola Segura, resiliência, Defesa Civil, riscos, desastres

SAFE SCHOOL AND RESILIENT COMMUNITIES

ABSTRACT: A safe school is an increasingly urgent need from the perspective of reducing risks and disasters of any kind that compromise the physical and psychological integrity of its public, in particular that of students, as they represent a numerically superior group of the teaching unit. In this way, a safe school is a universal right through mutual cooperation systems involving the UN and its partners, the school community, Civil Defense, Fire Department, local communities and legal systems. On the other hand, its implementation takes place through external experiences, in particular through the Sendai Framework, forming a governance network that guides the project towards the state of resilience in education. In addition to these tools, the implementation of Escola Segura is based on the three pillars proposed by the Sendai Framework, aimed at reducing risks and disasters, with awareness, training and a culture of permanent learning.

KEYWORDS: Safe School, Resilience, Civil Defense, Risks, Disasters

INTRODUÇÃO

Segundo a Aliança Global para Redução

de Riscos de Desastres – GADRRRES, a escola segura é uma iniciativa das Nações Unidas defendida por inúmeros países, cuja preocupação na esfera escolar é a construção de um ambiente de aprendizagem onde as crianças, jovens, adultos, professores, funcionários e frequentadores são protegidos de quaisquer eventos que porventura ameacem o seu bem-estar e promova a qualidade de vida.

A proteção do estudante na escola e no território é um direito universal amparado por práticas de segurança coletivas definidos na Campanha Mundial Construindo Cidades Resilientes do Escritório das Nações Unidas para Redução do Riscos de Desastres (UNDRR)..

A proposta das Nações Unidas tem como objetivo a redução de riscos de desastres, provocados por sistemas complexos compreendidos por acidentes dentro e fora da escola, somados aos transtornos emocionais, por contaminação por agentes químicos e biológicos que porventura possam atingir a população de estudantes no ambiente escolar, nas suas casas e no espaço público.

A escola segura pressupõe um espaço dotado de infraestrutura e instalações adequadas, considerando os aspectos arquitetônicos, estruturais e ambientais. De acordo com Dessen e Maciel (2014), a escola é uma instituição essencial ao desenvolvimento intelectual dos alunos enquanto cidadãos, sendo responsável pela transmissão do conhecimento dentro de uma estrutura organizada culturalmente.

Segundo os autores, a escola atua nos processos evolutivos culturais e dos valores organizados, na expectativa de promover o desenvolvimento evolutivo do ser humano, atuando como condição propulsora do crescimento emocional, intelectual, físico e social em seu ambiente.

Ainda segundo GOLLEMAN, D. (1995). as experiências acumuladas no setor da educação e familiar a Organização das Nações Unidas através dos seus escritórios, criaram propostas efetivas, as quais exercem forte influência em várias partes do mundo com respeito à redução de acidentes, ao equilíbrio emocional e comportamento psicológico da pessoa, perante as expectativas de cada ambiente ao indivíduo lidar com as singularidades e com a proximidade psicológica, social, afetiva e cognitiva entre as pessoas.

Contribuindo com a melhoria permanente e adaptações pertinentes que garantam a sua estabilidade física e emocional, como pilares do seu bem-estar. Nesse contexto é importante a permanente observação e avaliação dos riscos que permeiam o seu cotidiano, levando em consideração os aspectos de sua vivência, pensando num sistema de segurança escolar e viária segundo as necessidades em tempos de normalidade e nas situações onde são exigidas novas reflexões específicas segundo os critérios do ambiente, do espaço urbano e de todas as condições que porventura possam interferir na estabilidade físico-emocional da comunidade escolar, de modo que os desastres sejam reduzidos exigidas, especialmente em condições anormais avaliadas pelos grupos envolvidos diretamente na redução de riscos e desastres.

Assim, as políticas das boas práticas desenvolvidas pela sociedade em busca da resiliência devem ser pautadas na redução dos impactos indesejáveis os quais impedem o desenvolvimento humano devem ser discutidos na permanente busca da criação de um ambiente de paz, segurança e bem-estar, em conformidade com os ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 4 e 17 propostos pela Organização das Nações Unidas.

Toda a sociedade deve se organizar e se comprometer, de forma progressiva, autônoma, focando cada vez mais no contexto escolar e no seu respectivo território, baseada numa perspectiva sistêmica, política e participativa, conforme aborda (ARENDR, 2000)..

A autora acrescenta que o desenvolvimento dos cidadãos deve ser pautado na racionalização da sociedade, como prática cada vez mais presente na vida moderna. Nesse sentido, a tomada de decisões envolvendo a redução de risco de acidentes na escola deve ser coletiva, a partir da compreensão da conformação do território em substituição às decisões tácitas do poder público ou promotores imobiliários, em práticas isoladas, reducionista, autoritárias e cartesianas.

De acordo com SERPA (2009), cabe aos cidadãos e gestores escolares refletir, debater, decidir, intervir nos projetos que lhes ofereçam oportunidades fundamentais à estabilidade dos indivíduos, em especial aqueles menos favorecidos quanto ao direito de ocupação do território e da sua infraestrutura, partindo da constatação a segregação e hierarquização, orientado pelos critérios capitalistas da desigualdade ao acesso à terra moradia e lugares seguros do ponto de vista dos desastres naturais.

A responsabilidade da implantação da escola segura deve ser compartilhada não apenas na esfera governamental, mas pelos diferentes atores e grupos sociais e econômicos, fundamentada numa consciência coletiva, por organizações e diferentes atores como as comunidades escolares, grupos religiosos, universidades, Organizações Não Governamentais, sociedades alternativas, universidades, aliadas às ações sistêmicas para o fortalecimento e empoderamento do território e suas instituições, construindo uma cultura de resiliência.

O compartilhamento das responsabilidades e ações desempenhadas pela multiplicidade dos grupos conectados e as ações integradas sobre redução de riscos e fortalecimentos dos laços podem contribuir para a dignidade humana e qualidade de vida, destacando-se aos eventos relacionados aos desastres que eventualmente possam resultar em perdas de vida, lesões físicas, ferimentos e instabilidades emocionais. Dessa forma, a escola segura pressupõe uma ação colaborativa à redução das desigualdades da educação e possibilidades de construção de uma continuidade inserida no processo permanente de aprendizagem numa perspectiva sistêmica.

As iniciativas humanas desempenham uma importante atuação como ponto chave para redução dos riscos e perigos e como meta à proteção da vida, proteção dos bens materiais, focadas na construção e fortalecimento da dignidade e proteção da vida na

presente e futuras gerações.

A resiliência¹ na perspectiva escolar tem o objetivo de identificar fatores de risco e perigo que permeiam o ambiente escolar e seu entorno, identificar os pontos frágeis que possam colocar em risco a segurança das comunidades de ensino, sobretudo os alunos por constituir-se um grupo numericamente superior e mais vulneráveis, frente às experiências sobre os riscos e perigos os quais estão expostos.

A redução de riscos requer o envolvimento coletivo, envolvendo os professores, funcionários, alunos e comunidade, com o amplas parcerias, a exemplo do CEPED/ UNICAMP, órgãos técnicos e centros de pesquisa, como a Defesa Civil do Município, Corpo de bombeiros, Polícia Militar, Polícia Civil, empresas privadas, Organização das Nações Unidas, seus parceiros as instituições e leis de apoio, as quais desempenham um importante suporte no processo jurídico-administrativos, como o Ministério Público, conforme orientações contidas no ODS 17.

Assim, a redução dos riscos e desastres na escola não ocorre naturalmente, mas a partir da iniciativa da escola, obviamente mediante conscientização coletiva e seus respectivos apoios. Assim, a RRD e a concepção do território e comunidades resilientes estão vinculados à compreensão dos fenômenos do território e de suas infraestruturas de forma complexa. A redução dos riscos de desastres está em consonância com os dezessete Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, os quais formam uma teia complexa de relações. Esses Objetivos têm o compromisso de agir de forma conjunta na busca permanente do bem-estar da sociedade, independentemente do seu segmento, grupos ou classes sociais, segmentos culturais e étnicos.

ESCOLA SEGURA SOB A PERSPECTIVA DO TERRITÓRIO

A implantação da escola segura, segundo o GADRRRES, depende do contexto territorial onde a instituição está inserida, levando em conta as múltiplas análises, destacando-se as condições climáticas do local, o relevo, a economia, o tipo de atividade econômica local, a infraestrutura disponível, a ocupação urbana, entre outras referências territoriais.

Embora as propostas das Nações Unidas para a implantação da escola segura tenham orientações e relatos de estudo de caso em inúmeras regiões mundiais, as adequações e ajustes da ONU são necessárias, levando em conta os aspectos políticos, socioculturais, econômicos, físicos e climáticos do território a ser pesquisado.

No caso brasileiro, além das diretrizes propostas pelas Nações Unidas, a Defesa Civil é o órgão responsável por disponibilizar o suporte técnico para antever os desastres

¹ A resiliência é definida como: “A capacidade de um sistema, comunidade ou sociedade exposta a riscos de resistir, absorver, adaptar, transformar e recuperar de efeitos de um perigo, de forma antecipada e eficiente, incluindo a preservação e restauração de suas estruturas básicas essenciais e funções através de gestão de riscos” (UNISDR), “Terminologia sobre a Redução de Risco de Desastres do UNISDR – 2009”, Genebra, maio de 2009

e implantar políticas necessárias para a tomada de decisões técnicas para gerenciar as medidas de abrigo e acolhimento às famílias que não possuem recursos materiais as quais encontram-se em situação de vulnerabilidade e fragilidade

Dessa forma, a implantação da escola segura tem as suas particularidades e as estratégias adotadas de local para local, segundo as orientações da organização das Nações Unidas. Dessa forma, a implantação da escola resiliente e segura pressupõe a compreensão sistêmica das dinâmicas sociais, ambientais, políticas do território onde a instituição está inserida, considerando que cada território é único, particular e por isso a escola é entendida segundo a lógica do território e de sua particularidade.

A política de redução de riscos de desastres na infraestrutura do território e nas escolas trata-se de uma iniciativa em permanente construção e não uma obra acabada, considerando que o espaço habitado e o espaço ambiental estão em permanente processo de mudança. Trata-se de uma iniciativa em rede, cujos objetivos são a integração de mais pessoas, instituições buscando o aprimoramento do lugar onde vivemos e as boas práticas de forma permanente e evolutiva.

De acordo com RYAN e COLLINS (2012, p. 4-5). a escola deve elaborar um Plano de Segurança, bem com avaliações periódicas, a fim de testar a sua eficácia e corrigir possíveis falhas e promover a sua atualização pela equipe designada em reuniões periódicas. As avaliações do Plano podem ajudar a evitar incidentes, acidentes, bem como diminuir os impactos indesejáveis que porventura venham a ocorrer no ambiente escolar.

A importância da avaliação de risco no ambiente escolar

A avaliação de risco tem o objetivo de mapear todos os espaços físicos escolares e os aspectos emocionais dos estudantes, considerando que as vulnerabilidades eventualmente constatadas no processo escolar são fatores de desempenho negativo nos processos cognitivos e nos processos de aprendizado e desenvolvimento intelectual dos alunos, conforme as abordagens SILVA. S.C, OBANDO, J, MACENO A, (2020). de de as práticas de atividades físicas, a avaliação de enchentes e alagamentos e outros impactos de diferentes ordens a situação de vulnerabilidade social. como fator de é imprescindível para para facilitar a processo de avaliação e redução dos riscos de desastres ou outros processos que interfiram na segurança dos profissionais e no aprendizado dos estudantes.

Plano de Emergência nas escolas é um documento ostensivo elaborado por seu público, visando a proteção da integridade física e mental da comunidade escolar, proteção patrimonial, mediante a tomada de iniciativas acordadas no Plano de Segurança.

Plano de Segurança nas escolas é o documento elaborado pelo público escolar, a fim de definir em sistema de cooperação os meios para a segurança nas escolas por meio da redução dos riscos e desastres.

De acordo com a Lei 12.608, de 10 de abril de 2014 a Defesa Civil, em regime de

parceria ministrará os cursos e treinamentos à população escolar, com vistas à redução de riscos de desastres, seguindo o cronograma adotado pela escola com supervisão da instituição de defesa. Assim, a ação da Defesa Civil escola não está condicionada ao combate do desastre consumado, mas vinculada às ações preventivas, independentemente do nível de segurança do local abordado.

Desse modo, a pandemia do coronavírus desencadeada no início de 2020, acometeu as instituições de ensino, se configurou como uma amostragem da importância da escola e as suas implicações, principalmente quando se trata de um número grande de indivíduos. As escolas podem provocar inúmeras consequências por conta daquilo que não funciona de forma conforme foi planejado, como alguns riscos de doenças, contaminação, violência, consumo de drogas ilícitas, falhas no sistema pedagógica. Entretanto, como recorte desta tese a redução de riscos está focada nos desastres no âmbito do edifício, os quais estão permanentemente epostos no ambiente escolar e dessa forma abrir uma possibilidade de pesquisa a fim de reduzir perdas humanas, materiais e por consequência, perturbações psicológicas.

Escola segura em conformidade com a Base Nacional Comum Curricular

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC). é um documento não só de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens e aspectos intelectuais essenciais dos indivíduos, mas também uma proposta de desenvolvimento de habilidades e competências para a construção de uma cultura de redução de riscos e desastres no ambiente escolar e territorial.

De acordo com SILVA; ABANDO; MACENO (2020). os fatores de risco na escola influenciam no desenvolvimento emocional e cognitivo do estudante, influenciando nos aspectos de aprendizagem e no baixo desempenho intelectual. Dessa forma as estratégias de redução de riscos e desastres é fundamental para a manutenção do desenvolvimento intelectual das crianças e adolescentes.

Segundo o documento os estudantes e os profissionais da educação devem ser estimulados a praticar todas as formas segurança, baseadas na redução de riscos de desastres em seu ambiente de convivência e promover um ambiente de paz, justiça e ambiental.

A ausência de dados, relatórios e estatísticas sobre acidentes envolvendo alunos nas escolas brasileiras, dificultam sobremaneira uma política de prevenção e o fortalecimento da resiliência por meio dos estudos de casos. Por esse motivo a criação de comissões de debate sobre redução de riscos e acidentes constituem um componente importante para reverter o quadro das catástrofes relatadas pela ONU.

A escola segura de acordo com o Marco de Sendai

O Marco de Sendai (2015), recomenda várias medidas estruturais, não estruturais e funcionais de prevenção e redução de riscos de desastres em instalações, principalmente em instituição de ensino básico, como **(a). construir melhor desde o início para suportar os perigos através de projeto e construção adequados, incluindo a utilização dos princípios de design universal e a padronização dos materiais de construção; (b). reforma e reconstrução; (c). promover uma cultura de manutenção; e considerar avaliações de impacto econômico, social, estrutural, tecnológico e ambiental; (d). Proteger ou apoiar a proteção de instituições culturais e de coleção e de outros locais de interesse histórico, cultural ou religioso; (e). Promover a resiliência ao risco de desastres dos locais de trabalho por meio de medidas estruturais e não estruturais.**

De acordo com o documento a implementação da redução dos riscos está pautada em quatro áreas fundamentais, como *1. Compreensão do risco de desastres. 2. Fortalecimento da governança do risco de desastres para gerenciar o risco de desastres; 3. Investimento na redução do risco de desastres para a resiliência; 4. Melhoria na preparação para desastres a fim de providenciar uma resposta eficaz e de Reconstruir Melhor em recuperação, reabilitação e reconstrução.* Entretanto, essas ações não se concretizam isoladamente, como um conjunto das partes integradas na tentativa de se construir uma análise a partir da combinação das partes.

O pensamento de Morin (2003). chama a atenção para o olhar sistêmico para a compreensão dos eventos que envolvem os desastres, como desconstrução analítica compartimentada. Dessa forma, a RRD deve ser analisada de forma integrada, considerando a complexidade dos elementos que envolvem os aspectos naturais e urbanos os quais sofrem mudanças profundas, provocando consequências indesejáveis à sociedade. Para isso é necessário que a sociedade, em especial os profissionais da educação repensem e criem uma cultura de segurança dentro e fora da escola.

No caso específico da escola segura, é importante estabelecer uma conexão entre pessoas, envolvendo os diferentes atores que atuarão direta ou indiretamente no objetivo. Os profissionais da educação, alunos, comunidade, governo, comerciantes, devem refletir coletivamente sobre os riscos dentro e fora da escola, buscando a redução dos desastres e aumentando a resiliência.

O projeto escola segura deve apropriar-se do suporte jurídico-institucional e apropriar-se das normas internacionais, a fim de compreender a dinâmica do funcionamento da instituição escolar e do território onde está inserida, levando em conta que tanto o território quanto a escola são entidades únicas, o que reforça a ideia de que o Plano de Emergência de uma instituição de ensino não é aplicável à outra organização, face à unicidade das vivências e singularidade do grupo de indivíduos envolvido da busca de proteção específica daquele grupo.

Nesse contexto a construção da escola segura, sob a perspectiva do território, demanda uma articulação com segmentos da sociedade e da Segurança pública, a fim de combater a criminalidade nas dependências externas da escola, visando a integridade física e emocional das crianças e adolescentes, levando em conta a redução da violência demanda um envolvimento coletivo, de forma articulada, pensamento baseado nos elementos da totalidade, envolvendo a comunidade educacional, sociedade, as dinâmicas territoriais, aliados à jurisprudência, articulando vários circuitos como escola, sociedade e território. Muitos perigos rondam o espaço escolar, como por exemplo, a violência, circulação de drogas, brigas, possibilidades de estupro nos arredores do prédio, possibilidade de contaminação por agentes químicos e biológicos, aumentando a possibilitando a disseminação de doenças infecto-contagiosas.

As cidades se apropriam do planejamento urbano e do ordenamento territorial para organizar os espaços e estimular a capacidade de orientação política, cultural, ambiental, gestão e organização espacial, promover lugares de convivência humana e o estímulo do desenvolvimento econômico.

Na abordagem de Milton Santos (2004). o território é como composto de estratos de múltiplas relações, compreendidas como uma entidade que influencia os aspectos culturais do lugar e os equipamentos urbanos, destacando-se as unidades de saúde, redes comerciais, espaços de lazer, instituições de ensino. Por outro lado, o território sofre várias influências no campo político, econômico, urbanístico, social e ambiental.

Com o forte processo de urbanização, a transformação da sociedade urbano-industrial, as mudanças climáticas e o processo de metropolização a partir da década de 1950, os riscos de acidentes e doenças ficaram mais visíveis, expondo milhares de pessoas aos riscos e perigos, conforme aborda o Marco de Sendai (2015)..

A escola segura possui uma dimensão inseparável do ordenamento territorial como instrumento que os gestores públicos e sociedade se apropriam para organizar os espaços numa perspectiva sistêmica de funcionalidade, agem numa dinâmica. Assim o território escola formam uma unidade de compreensão, constituindo onde o todo é mais importante do que a soma das partes, muito embora, haja necessidade de análise do território a partir da compreensão dos fragmentos do espaço.

Entretanto, o ordenamento não tem a intenção de planejar o território de forma única e universalmente padronizada, por tratar-se de uma construção social ao longo do tempo e do espaço, tendo de considerar os aspectos socioculturais e ambientais como base de análise.

Não obstante as diferenças entre os grupos humanos que compõem a sociedade, convém ressaltar que o ordenamento do território deve ser pensado de forma que os cidadãos tenham acesso aos bens, serviços e espaço seguro, conforme as recomendações da UNDRR – Organização das Nações Unidas para redução de riscos e desastres.

Dessa forma, o território é uma construção de produto de diferentes escalas

simbólicas, culturais, econômicas, desenvolvidos pela sociedade e repensado através das inter-relações, interações e complexidades. Um entendimento característico dessa compreensão é relação da PNPDEC – Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, **a qual deve integrar-se às políticas de ordenamento territorial, desenvolvimento urbano, saúde, meio ambiente, mudanças climáticas, gestão de recursos hídricos, geologia, infraestrutura, educação, ciência e tecnologia e às demais políticas setoriais, tendo em vista a promoção do desenvolvimento sustentável**, Conforme preconiza a Lei Nº 12.608, de 10 de abril de 2012.

Nesse sentido, a escola como instituição de reprodução do conhecimento, focada no desenvolvimento dos indivíduos para a vida e para o trabalho se apropria de práticas pedagógicas, como foco estratégico para o desenvolvimento intelectual da criança e do adolescente, além de promover o desenvolvimento social e econômico do país, possibilitando que cada cidadão exerça o seu direito à vida e às práticas da cidadania.

Pensando na abordagem multifuncional do território enquanto um sistema complexo a escola como parte da composição territorial se configura como um equipamento de relevância no espaço urbano, como um ambiente da esfera pública. Sendo uma instituição de ensino frequentada por inúmeras pessoas o espaço físico é simbólico e de uso coletivo, merecendo atenção das instituições gestoras internas, das instituições de organismos internacionais e nacionais (UNESCO, 2015).. Além disso, no Brasil há uma conexão com outras instituições de apoio, a fim de garantir a segurança para redução de riscos e perigos aos seus integrantes.

Essa preocupação merece atenção especial de toda a sociedade, focada nas falhas de segurança que porventura venham a comprometer a vida e a dignidade humana, para que os seus direitos à vida e a liberdade sejam devidamente respeitados. A segurança abordada na pesquisa diz respeito a quaisquer vulnerabilidades de comprometimento da segurança física, emocional e ao bem-estar coletivo com programas amparados por leis.

A escola tem na sua essência, o objetivo de colaborar para a convivência entre os indivíduos, envolvendo alunos, professores e colaboradores, criando um ambiente seguro e de aprendizagem permanente. Segundo GOLLEMAN (1995). a escola contribui para a construção e alternância dos sistemas emocionais dos processos que permeiam as dinâmicas da educação e o que ela representa frente às rápidas mudanças de paradigmas no mundo pós-moderno.

A disseminação do conhecimento é adquirida por meio de inúmeras experiências e habilidade que os indivíduos se apropriam ao longo da vida, especialmente durante o aprendizado escolar, levando em conta que tradicionalmente a escola é o ambiente mais significativo para a aquisição do conhecimento formal.

Essas circunstâncias exigem uma escola segura e resiliente, envolvendo vários aspectos de segurança transformada num ambiente importante sistema no espaço urbano, e por isso carece de uma série de análises, dentre eles o seu destaque como promotor de

um ambiente que pode exercer várias funções, além de sua função pedagógica, como local de disseminação do conhecimento, como foco estratégico para o desenvolvimento social, econômico para a manutenção da vida em comunidade.

Na atualidade, a Organização das Nações Unidas – ONU, com base nas experiências em diferentes contextos, reconhece a escola como espaço multifuncional, entendida como um ambiente importante na formação de cidadãos, porém levando em consideração a segurança dos seus ocupantes garantidos por protocolos internacionais e o aumento dos direitos da criança e do adolescente amplamente discutido não só na esfera acadêmica, como também no meio jurídico, o que aumentou consideravelmente as exigências para a redução dos riscos e desastres.

Além do apoio das políticas recomendadas pela Organização das Nações Unidas os gestores da educação e o poder público devem incentivar o diálogo permanente sobre a segurança e resiliência na escola através de políticas de boas práticas, com envolvimento da sociedade e comunidade local, observando a jurisprudência brasileira, em especial a Lei Federal 12.608 de 10 de abril de 2012, destacando-se a proteção e defesa da escola e seu entorno.

Compreensão da escola segura baseada nas parcerias e no espaço

O IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2009), investiga a segurança da escola a partir de vários processos, levando em conta a região onde está localizada, em especial os município, unidades da federação e regiões, comparando os dados estatísticos das condições sociais, econômicos e ambientais, para posteriores análises dos eventos que ocorrem no território, estabelecendo relações dos acidentes às condições de cada grupo analisado.

Os critérios do IBGE estão em conformidade com a OMS – Organização de Saúde, quanto à análise fragmentada para a tomada de decisões políticas e investimentos financeiros de acordo com as análises estatísticas dos impactos apuradas por região segundo as séries escolares, condições socioeconômicas dos alunos e familiares.

No entanto, o GADRRRES, (2015). faz um apelo sobre as necessidades de adoção de medidas que devem ser implementadas na escola de forma permanente e coletiva, considerando que a escola sempre apresenta algum tipo de risco, ao mesmo tempo que a escola deve ter a iniciativa de promover a sua redução, através das medidas pertinentes para o território onde a escola está construída, envolvendo diferentes grupos de pessoas e organizações.

Os riscos mais presentes nas escolas podem ser resumidos em riscos físicos, químicos, biológicos, ambientais que eventualmente poderiam comprometer o processo físico-aprendizado e organizacional da instituição. Nesse sentido, a implantação da escola resiliente trata-se de uma medida urgente para o processo de redução de riscos

de desastres e reduções significativas de perdas materiais e a conservação do patrimônio público e privado, alinhado à gestão de desastres nos níveis nacional, regional, distrital e local da escola (GADRRRES, 2019).

A segurança escolar pode assumir diferentes significados de acordo com a percepção de risco, considerando os aspectos culturais e do território de cada comunidade. A escola segura deve ser capaz de suportar eventos extremos sem que possa haver danos visíveis, como perda de vidas, conforme aponta a (Lei 9.394).. Contudo, a resiliência é construída a partir da redução dos danos, uma vez que os edifícios escolares desempenham um papel importante na formação da cidadania daqueles que a frequentaram e daqueles alunos que estão estudando naquela Unidade.

Segundo o GADRRRES (2018), a instituição deve atuar como potencial agregador de espaço de refúgio comunitário, distribuição ou centro de recursos em eventuais ocorrências de desastre em áreas ao seu entorno. Embora as metodologias de análise do IBGE valorizem as análises e tomadas de decisão por região, a valorização do território de forma integral trata-se de uma medida importante, entendendo que as necessidades de avaliação dos riscos devem ser sistêmica.

Dessa forma, de acordo com a LDB – Lei de Diretrizes e Bases (Lei 9394, 2019), a escola segura assume a sua posição de resiliência quando instituição de ensino e comunidade se articulam, criando processos de integração da família e da sociedade com a unidade de ensino, além de outros sistemas de parceria com o poder público além das suas finalidades de aprendizagem baseada nos laços de solidariedade humana e de tolerância recíproca em que se assenta a vida social (art.32)..

A escola na sua essência desempenha um importante papel no processo de aprendizagem e de convívio social, independentemente de sua corrente político-pedagógica. Entretanto a Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2021, através da Defesa Civil em parceria com os estados e municípios, a escola pode ser uma entidade de acolhimento das populações eventualmente desabrigadas por eventos naturais e climáticos que eventualmente são atingidas por desastres naturais. Nesse sentido, o prédio escolar assume uma importância fundamental na esfera pedagógica, como em abrigo em emergência coletiva em seu entorno, espaço de distribuição de alimentos, de roupas, em especial em territórios mais vulneráveis do ponto de vista socioambientais.

A UNICEF e a UNESCO, reconhecem que a educação desempenha um importante papel na sociedade, como promotora do desenvolvimento intelectual, da convivência em sociedade e da resiliência. Trata-se de um processo facilitador das aquisições e habilidades para aquisição de saberes e permanentes transformações humanas, como também a aquisição de práticas de redução da vulnerabilidade, sendo um dos pilares na construção da resiliência tanto na escola quanto no seu território.

A WISS – Iniciativa Mundial para Escolas Seguras é uma parceria global liderada pelos governos que visa garantir o compromisso político e promover a implementação

de escolas seguras em todo o mundo. A Iniciativa motiva e apoia os governos que tem como prioridade a segurança da comunidade escolar, na implementação de planos e programas como parceiros preocupados a desenvolver e implementar políticas, planos e programas nacionais de segurança escolar e em combinação com os três pilares técnicos da Segurança Escolar Abrangente. O Marco de Sendai, no Japão, traz como prioridade número 1 a compreensão do risco e desastre:

Após a Conferência Mundial sobre *Risk and Disaster Reduction*, na década de 2000, foi criado um *cluster* para promover o conhecimento e um sistema educativo para a promoção de Redução de Riscos de Desastres, criação e fortalecimento do trabalho em rede, criar novas parcerias, identificar lacunas, identificar áreas de foco e promover coletivamente o alcance dos objetivos da Estrutura Hyogo por meio de conhecimento e educação.

Em 2006, o *Cluster* foi formalizado na Plataforma Temática de Conhecimento e Educação que foi reconhecida como Plataforma Temática da UNISDR. Desde 2006, a Plataforma, composta por órgãos relevantes da ONU, ONGs internacionais e parceiros regionais selecionados, vem promovendo importantes contribuições para o desenvolvimento conceitual da educação e do conhecimento em RRD. A plataforma de educação se desenvolveu uma estrutura estratégica e ferramentas de orientação para apoiar os governos e os profissionais de educação para promoção da redução de riscos de desastres, como parte dos currículos escolares e no desenvolvimento de iniciativas de segurança educacional nos níveis nacional e local, conforme as determinações da LDB (2017)..

À medida que a comunidade de práticas e estruturas globais de governo sofreu uma evolução, fez-se necessária o desenvolvimento da temática sobre educação, que posteriormente evoluiu para a Aliança Global para Redução e Resiliência de Riscos de Desastres no Setor Educacional em 2013. Em alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e com os novos planos de ação em áreas de RRD no setor educação, o GADRRRES - *Global Alliance for Disaster Risk Reduction and Resilience in the Education Sector* - em 2016, traz uma proposta inovadora como política de segurança com objetivos claros, com a finalidade de apoiar as missões de aprimoramento das modalidades de trabalho em instituições escolares, voltados à segurança na redução de riscos e desastres de forma mais eficaz.

A Iniciativa Mundial para Escolas Seguras – WISS é uma parceria global liderada por governos locais cuja missão é a garantir o compromisso político e promover a implementação de escolas seguras globalmente. A Iniciativa motiva e apoia os governos no desenvolvimento e implementação de políticas, planos e programas nacionais de segurança escolar, em combinação com os três aspectos técnicos da Segurança Escolar Abrangente.

A escola segura mantém em sua equipe pessoas com habilidades específicas, para detecção dos riscos, eventuais desastres, monitoramento e gestão de emergências,

bem como as medidas ajustadas para a escola. Uma das medidas através de alarmes, outras para monitorar os indicadores sobre os riscos, cuja intenção é contribuir para que os níveis sejam aceitáveis. Além disso, utilizar a ferramenta SIG (Sistemas de Informações Geográficas). para identificar e mapear as eventuais áreas vulneráveis e as que oferecem riscos, conforme as experiências adotadas pela GADRRRES (2017). com reuniões periódicas previstas em calendários de encontros com a posteriormente apresentar em encontros estabelecidos em calendários previamente analisados e aprovados pela escola.

Nas reuniões e encontros das comissões a ONU destaca algumas iniciativas as quais carecem maior atenção e que devem ser frequentemente abordadas, destacando-se a prevenção contra enchentes, alagamentos, incêndios, queda de parte de edificações, descargas atmosféricas, quedas nos pisos escorregadios, acidentes nas áreas de atividades físicas, inalação de gases tóxicos, fumaça, queimadas.

As prevenções devem ser estudadas e analisadas pelos grupos empoderados contra os riscos e perigos na instituição. O GADRRES recomenda uma série de ações em concordância com as leis brasileiras, podendo resumir nas ações de treinamento para saída rápida do prédio escolar em casos de emergência. No entanto, algumas ações comunitárias são extremamente valiosas, como os ciclos de palestras pela Defesa Civil do Município, abordando, principalmente, as pandemias, a segurança física e emocional; mapeamento dos pontos críticos, com auxílio de uma planta baixa da edificação.

Dessa forma a segurança nas escolas trata-se de preocupação universal, muito embora a iniciativa seja negligenciada no Brasil devido as dificuldades de implantação ou mesmo por considerar que os desastres estão potencialmente presentes apenas em áreas vulneráveis a ocorrências de desastres, como nas favelas e áreas de encosta, negligenciando as áreas dotadas de uma infraestrutura mais adequada.

Sendo assim, a escola segura é uma questão de emergência global diante do contexto da urbanização desigual, falta de moradias, ausência de planejamento territorial, desigualdade de acesso aos sistemas de saúde, transportes precários, alterações climáticas, surtos de doenças, especialmente agravadas pelas perdas de vida, prejuízos materiais. Dessen, M. A, & Maciel, D. A. (2014). apontam os inúmeros prejuízos de aprendizagem quando um jovem se encontra exposto ao perigo, provocando um efeito negativo ao exercício da cidadania e a insegurança quanto à sua proteção e bem-estar físico-emocional.

Além da exposição dos inúmeros desastres e o aumento dos riscos que as comunidades escolares passaram a conviver, escolas mantidas por governos locais, regionais, federal e pela iniciativa privada não tem preparo e nem os recursos para aumento da resiliência para a retomada das atividades pedagógicas, intelectuais e emocionais. A retomada das atividades e os meios de sobrevivência em situação de desastres constituem importantes atividades para que as pessoas afetadas retomem sua rotina e suas demandas numa sociedade que pretende reverter as perdas através da retomada econômica,

emocional e na aprendizagem.

Muitos países e regiões já definiram estratégias efetivas já definiram seus planos de superação das suas perdas e até mesmo evitar que elas aconteçam através de políticas envolvendo os setores da sociedade preocupadas com o bem-estar humano. Entretanto, as Defesas Civil do Brasil devem receber investimentos a fim de implantar um aparelho adequado para cada região do país, com o uso da tecnologia, investimento em capacitação em todas as modalidades de acidentes.

O aparelhamento da Defesa Civil inclui uma política sólida exclusivamente para o setor educacional, a fim de prestar apoio em todas as suas necessidades e antever os riscos e perigos desde a conscientização do papel da escola como ambiente de aprendizado e de apoio a eventuais catástrofes e emergências sofridas pela população da escola e populações do seu entorno.

Essas práticas devem ser adaptadas seguindo as tradições do lugar, com o propósito de proteger a vida humana e ao meio ambiente. A ONU, suas estruturas e a população devem criar condições para a gestão dos riscos e ao enfrentamento dos eventuais desastres, cujo fim é proteger a escola e contribuir com a minimização dos eventuais desastres que possam ocorrer na comunidade, oferecendo abrigo e suporte provisório.

O desenvolvimento do artigo está relacionado à exposição da comunidade escolar aos riscos e perigos na instituição de ensino e seu entorno, muito embora não percebidos em todos os momentos, devido à falta de vivência ou inobservância de uma cultura de segurança no espaço escolar por falta de conhecimentos técnicos e um olhar sistêmico sobre as condições de segurança sistêmica, envolvendo a infraestrutura escolar e territorial. Dessa forma, há uma lacuna quanto às ações a serem tomadas diante de uma situação de risco ou perigo, bem como o gerenciamento de uma emergência envolvendo pessoas no interior da escola e na vizinhança.

A integridade física e saúde mental dos alunos, professores e funcionários trata-se de uma estratégia e necessidades de todos comunidades e instituições de ensino ao redor do mundo. Esses avanços têm se tornado uma prioridade no setor educacional em vários países e comunidades por meio avanços na proteção e fortalecimento dos vínculos afetivos familiares, comunitários e aproximação com os órgãos de defesa da integridade humana e consciência dos riscos e perigos os quais podem ser reduzidas por meio da cooperação e da governança.

Esses conhecimentos são adquiridos por meio da educação, do intercâmbio cultural entre diferentes grupos humanos, em diferentes contextos climáticos, ambientais, geológicos, urbanísticos, geográficos, arquitetônicos, tanto no ambiente escolar, quanto no território, reconhecidamente como um dos mais importantes patrimônios de uma sociedade. A educação em redução de riscos e desastres promove a relação dos indivíduos com o meio social, vínculos afetivos com o lugar e a permanente busca pela qualidade de vida.

CONCLUSÃO

Os níveis de riscos e desastres são amplos, cujo agravamento decorrem da urbanização desigual, políticas de ocupação do solo, as rápidas mudanças climáticas e das percepções do risco, agravados pela dificuldade de gerenciamento dos acidentes.

Vários fatores contribuem para o aumento dos impactos no território, nos ambientes escolares e espaços de outras convivências, agravados por fatores de doenças associados às políticas de saúde pública, violência, desastres e o medo constante de viver nas cidades.

No entanto, é imprescindível a criação de um canal de monitoramento dos acidentes e de riscos nos ambientes públicos, com o propósito de antecipar e preparar os grupos humanos para os desastres e catástrofes, tomando decisões e reduzir as exposições. Num plano paralelo é urgente a criação de comissões de professores, pais, alunos, funcionários, para avaliar os riscos e perigos e criar mecanismos de minimização dos impactos, criando uma cultura de paz, resiliência e segurança às comunidades escolares.

Outra questão de extrema necessidade está associada à reflexão dos riscos nos espaços intramuros baseada numa visão holística sobre o território, suas informações para o aprofundamento de diálogo, com propósito central de educar, aumentar os níveis de segurança, visando uma sociedade mais segura e mais equilibrada do ponto de vista emocional e físicos dos cidadãos.

REFERÊNCIAS

ARENDR, Hannah. **A condição humana**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2ª ed. (1983)..

BAGGET R. K.; COLLINS.P. **School Vulnerability Assessments** in Comprehensive Handbook of Scholl Safety. CRC Press is an imprint of the Taylor & Francis Group, an informa business B.

BRASIL, MEDIDA PROVISÓRIA Nº 920, DE 30 DE JANEIRO DE 2020. **Abre crédito extraordinário, em favor do Ministério do Desenvolvimento Regional, no valor de R\$ 892.000.000,00, para os fins que especifica**. Diário Oficial da União de 31/01/2019.

BRASIL, Nº PORTARIA Nº 175, DE 27 DE JANEIRO DE 2020. **Declara Emergência em Municípios do Estado de Minas Gerais/MG, em decorrência das chuvas em dezembro e janeiro de 2020**. DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO Publicado em:28/01/2020|Edição:19|Seção: 11|Página:28. Órgão: Ministério do Desenvolvimento Regional/Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil.

BRASIL. Decreto nº 046, de 23 de fevereiro de 2018. **Declara Emergência nas áreas do Município de Tucumã-PA afetadas por Enxurradas-COBRADE 1.2.2.0.0, conforme IN/MI 02/2016**.**Diário Oficial da União**, Brasil, 23 de fevereiro de 2018.

Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l10098.htm, acessado em 10/08/2019.

Dessen, M. A, & Maciel, D. A. (2014)..*A Ciência do desenvolvimento humano: desafios para a psicologia e a educação*. Curitiba: Juruá Editora.

GADRRRES. **Comprehensive school safety technical support package: Worldwide initiative for schools.** In *Initiative for Safe Schools*: Paris, 2017.

GADRRRES. **The mission of GADRRRES is to ensure that all schools are safe from disaster risks and all learners live in a culture of safety.** Paris, 2017.

GLOBAL. **Program for Safer Schools: Characteristics of safer School: United Kindon.** Arup 2013

GOLLEMAN, Daniel. *Inteligência emocional – a teoria revolucionária que redefine o que é ser inteligente.* 37. ed. Tradução de Marcos Santarrita. Rio de Janeiro: Objetiva, 1995.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Escola mais Segura prevê reforço no patrulhamento e ações já implementadas, como encontros de diretores com batalhões.** <http://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/governo-do-estado-anuncia-programa-escola-mais-segura/> 2019), acessado em 16/08/2019.

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PeNSE- Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar.** Governo Federal, 2021.

Jornal Estado de Minas Gerais (06/02/2020).. **Danos da chuva em mais de 200 escolas deixam volta às aulas ainda incerta em BH.** Acessado em 08/02/2020. Disponível em https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2020/02/06/interna_gerais,1119814/danos-da-chuva-em-mais-de-200-escolas-deixam-volta-as-aulas-incerta.shtml.

MARCO DE SENDAI PARA A REDUÇÃO DO RISCO DE DESASTRES 2015-20130. Japão, 2015. Disponível em https://www.unisdr.org/files/43291_63575sendaiframeworkportunofficial.pdf

MORIN, Edgar. **A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento.** Tradução Eloá Jacobina. 8ª Ed. Rio de Janeiro Bertrand Brasil, 2003.

ONU BRASIL (2020).. **A experiência internacional com os impactos da COVID-19 na educação.** Artigo. Disponível em <https://nacoesunidas.org/artigo-a-experiencia-internacional-com-os-impactos-da-covid-19-na-educacao/>.

PIETRZAK, R.H; SOUTHWICK, S.M. **Psychological resilience in OEF-OIF Veterans: Application of a novel classification approach and examination of demographic and psychosocial correlates: Journal of Affect Disorders.** 2001. Acessado em <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4185134/>, dia 13/05/2019.

PIETRZAK, R.H; SOUTHWICK, S.M. **Psychological resilience in OEF-OIF Veterans: Application of a novel classification approach and examination of demographic and psychosocial correlates: Journal of Affect Disorders,** 2001. Acessado em <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4185134/>, dia 13/05/2019.

PORTARIA n° 2 DIÁRIO OFICIALDIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO.

PORTARIA N° 2, DE 3 DE JANEIRO DE 2020 Cria e institui o Grupo de Resposta a Desastres (GRD).. Disponível em <http://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-2-de-3-de-janeiro-de-2020-236986947>.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA – Lei 12.608, de 10 de abril de 2012. Publicado em: 08/01/2020 | Edição: 5 | Seção: 1 | Página:29.

Resolução ONU nº 217-A de 10/12/1948. Declaração Universal dos Direitos Humanos. Disponível em https://www.normasbrasil.com.br/norma/resolucao-217-1948_94854.html, acessado em 20/03/2020

SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado**. São Paulo: EDUSP, 2012.

SANTOS, M. **Por uma outra globalização:do pensamento único à consciência universal**. Rio de Janeiro: Record, 2001.

SCHLEICHER, A. **How to build a 21st-century school system, Strong Performers and Successful Reformers in Education**: OCDE, 2018

SERPA, A. **O espaço público na cidade contemporânea**. São Paulo: Contexto, 2009

SILVA, S.C, OBANDO, J, MACENO A. **Fatores de risco e de proteção no desempenho escolar: um estudo de caso**. *Periódicos Eletrônicos em Psicologia*, 2020

SOUTHWICK, S.M; BONANO, G.A; MASTEN, A.S. **Resiliences definitions, theory and challenges: Interdisciplinary perspectives**. *European Journal of Psychotraumatology* October 2014.

TIMES MAGAZINE (2020).. **Global Education Coalition**. Disponível em <https://en.unesco.org/covid19/educationresponse/globalcoalition>.

UNDRR. (2019). **Japan: School for tsunami risk draws crowds**. Acessado em <https://www.preventionweb.net/news/view/68820>.

UNESCO (2020).. **Closing Schools Has Derailed the Lives of Kids All Over the World. Here's How We Can Help Them Keep Learning** <https://en.unesco.org/covid19/educationresponse/globalcoalition>

CONCENTRACIÓN URBANA Y DESIGUALDAD SOCIOECONÓMICA: UNA DICOTOMÍA LATENTE DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN AMÉRICA LATINA

Data de aceite: 01/02/2022

Héctor Manuel Cortez Yacila

Doctor en Ciencias económicas por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM).
Investigador de El Colegio de Tlaxcala A.C.,
Tlaxcala, México

RESUMEN: Se aborda la desigualdad socioeconómica como factor desequilibrante del territorio en América Latina, muy vinculada con la velocidad con que ocurre la concentración urbana, que contraviene los objetivos del ordenamiento territorial. Se muestra que tal desigualdad es inherente al proceso de evolución y desarrollo de la concentración urbana en su etapa inicial, y se plantean algunos retos del ordenamiento territorial vinculados con la desconcentración, para continuar disminuyendo la velocidad y el alcance espacial de dicha concentración en la región, que permita disminuir a la vez dichas desigualdades.

PALABRAS CLAVE: Concentración, desigualdad, urbanización, socioeconomía

ABSTRACT: Socioeconomic inequality is addressed as an unbalancing factor of the territory in Latin America, closely linked to the speed with which urban concentration occurs, which contravenes the objectives of land use planning. It is shown that such inequality is inherent in the process of evolution and development of urban concentration in its initial stage, and some challenges of land use planning

related to deconcentration are posed, in order to continue reducing the speed and spatial scope of said concentration in the region. that allows these inequalities to be reduced at the same time.

KEYWORDS: Concentration, inequality, urbanization, socioeconomics

1 | INTRODUCCIÓN

ONU-Hábitat (2012). y CEPAL (2017). señalan a América Latina como la región más urbanizada y desigual del mundo. Esta afirmación coincide con diversas opiniones que señalan a esta región como un ámbito donde las concentraciones urbanas son básicas para entender la organización de su territorio. En América Latina las concentraciones urbanas modelan los territorios urbano-regionales, las redes de ciudades y los sistemas urbanos, los cuales fueron abordados por el enfoque estructuralista.

El enfoque de las estructuras urbano-regionales, donde tiene un lugar especial el análisis de las concentraciones urbanas, dominó desde los años 80 del siglo pasado las propuestas de ordenamiento del territorio en la región (CEPAL, 2013).. Este enfoque permitió al ordenamiento territorial, como instrumento técnico, ampliar su análisis y contemplar holísticamente los procesos y funcionalidades de los territorios, la concentración de las actividades económicas y de la población, sus relaciones de flujo, sus estructuras económicas,

el grado de desarrollo de sus aglomeraciones y otros elementos de dinámica territorial regional, para dar cuenta del nivel y alcance de su influencia gravitacional y de las grandes diferencias estructurales existentes, con profundas implicancias socioeconómicas al interior de las ciudades y localidades de orden inferior.

De otro lado, el conocimiento de la dinámica territorial de las concentraciones urbanas y su papel en la formación de las estructuras urbano-regionales, permite delimitar procesos territoriales para entender los intercambios y, con ellos, entender los desequilibrios regionales expresados en los conflictos de uso del suelo, en las estructuraciones urbanas degradadas, en la segmentación y segregación de la ciudad y en las desigualdades socioeconómica al interior de los países y ciudades. Este conocimiento permite al ordenamiento territorial, como instrumento jurídico, formular medidas de política para la ocupación racional del espacio y una adecuada distribución de las actividades económicas, propendiendo al equilibrio en el territorio, el cual atraviesa por considerar la dimensión territorial de las grandes desigualdades socioeconómicas muy asociadas con las concentraciones y dispersiones existentes.

En esta presentación se aborda la desigualdad socioeconómica como uno de los factores desequilibrantes del territorio en América Latina, que contraviene los objetivos del ordenamiento territorial, muy vinculada con la concentración urbana, y particularmente, con la velocidad con que se presenta esta concentración en la región. Esto es así en tanto los sistemas económicos y de gestión gubernamental local, que impulsaron el crecimiento de dicha concentración, no son capaces ahora de recibir a la población migrante y a la población local que se incorporan rápidamente a la actividad socioeconómica, en condiciones adecuadas de bienestar como lo hizo tal vez al inicio del proceso de urbanización.

Para mostrar lo anterior se inicia enunciando un breve esquema teórico y metodológico de la relación entre concentración urbana y desigualdad socioeconómica, tratando de mostrar que tal desigualdad es inherente al proceso de evolución y desarrollo de la concentración urbana, por lo cual se justifica una intervención explícita del ordenamiento territorial en el control de la velocidad de ocurrencia de esta concentración. Posteriormente, se describe la relación entre desigualdad socioeconómica y la velocidad de concentración urbana en América Latina, seguido de las posibilidades que tiene el ordenamiento territorial, como instrumento técnico y jurídico, de orientar la desconcentración en tanto es la velocidad de ocurrencia de la concentración urbana uno de los procesos territoriales más relacionados con la proliferación de las desigualdades socioeconómicas. Finalmente, se presenta cierta tendencia en el comportamiento de la gran concentración urbana en la región, que continúa demandando la atención de la acción pública y su función de director del ordenamiento territorial en esta línea de análisis.

21 CONCENTRACIÓN URBANA Y DESIGUALDAD

Las concentraciones urbanas juegan importantes roles en la organización de los territorios en la medida de su configuración como entidades con alta población, gran diversidad y cantidad de actividades económicas, fuertes procesos de acumulación, alta estructuración vial, grandes flujos de intercambio, y como importantes centros de poder político y centros gravitacionales con intensos procesos económicos, pero también con fuerte potencial de desarrollo (CEPAL, 2013).. Estas entidades urbanas conforman un sistema de intercambio a través de redes y flujos de bienes, servicios, capital y trabajo, logrando su reproducción autónoma con capacidad de construir sinergias para el crecimiento, pero también construyendo procesos de construcción de entropías expresadas en desigualdades y procesos de construcción de resiliencias para emprender procesos de desconcentración y reconcentración espacial y continuar su reproducción; son entidades que mezclan continuamente un conjunto de elementos sociales, económicos y propiamente espaciales, para emprender su crecimiento físico, económico y poblacional, con cierta independencia de niveles supranacionales y casi con completo dominio de niveles territoriales inferiores.

En esta línea de análisis, es posible ubicar a la concentración urbana como un componente jerarquizado del sistema territorial para dimensionar, primero, su capacidad de crecimiento y formación de sinergias para su reproducción y desarrollo y, después, para advertir la formación de adversidades que se producen en forma de entropías durante su crecimiento y desarrollo; sobre esta base daremos una mirada a la posibilidad del ordenamiento territorial para corregir tales adversidades. En este sentido, Villatoro (2017). señala que el enfoque sistémico es un método susceptible de ser aplicado a la sociedad para el análisis de la interrelación de diferentes actores y organizaciones sociales, "...y dado que el territorio es una estructura que contiene elementos, los cuales se relacionan entre sí para determinar lo que sucede dentro de él, diremos que el territorio es un sistema con la habilidad de adaptarse a los cambios y garantizar su sostenibilidad." (p. 167)..

Así concebido el territorio desde el enfoque sistémico, es posible explicar las concentraciones urbanas como entidades que se reproducen a sí mismas a la par de los procesos económicos y poblacionales, al crear factores que funcionan como atractores de más empresas, industrias, instituciones, población e infraestructura. En las concentraciones urbanas se presentan grandes flujo de bienes, servicios e insumos, principalmente en la forma de bienes intermedios y de consumo final; construye un mercado laboral amplio, cualificado y diverso, con relaciones interindustriales complementarias, con nexos de cooperación, servicios de apoyo a la producción, encadenamientos, presencia de centros financieros, condiciones de generación y difusión tecnológica, entre otros, los cuales existen como producto de la propia concentración y la retroalimentan. La mayor distribución de bienes al mercado, así como la presencia de gran diversidad de bienes intermedios, originan mayor diversidad de empresas e industrias complementarias; la mayor amplitud del

mercado de trabajo, junto a su mayor especialización, se correlacionan con igual amplitud en la diversidad de la oferta productiva; la presencia de centros financieros y de servicios de apoyo a la producción son básicos para garantizar la reproducción económica local en el sentido de no permitir que la producción se detenga o disminuya como consecuencia de los altos costos que implica el traslado de apoyos hacia la zona de aglomeración; finalmente, la disponibilidad de recursos tecnológicos en la aglomeración, incluyendo el transporte y las comunicaciones, permiten saltos cualitativos de las funciones de producción de las empresas y en el nivel agregado industrial, expandiendo capacidades locales hacia el logro de rendimientos crecientes, sobre todo en empresas con mayores condiciones de crecimiento endógeno.

Bajo el enfoque de sistemas la desigualdad socioeconómica es una expresión de entropía; este enfoque inició en su forma teórica basada en la teoría general de sistemas de Ludwig Von Bertalanffy a mediados del siglo XX, y posteriormente se desarrolló basado en la teoría de los sistemas sociales de Nikolas Luhmann. El análisis de los procesos relacionales jerarquizados de este enfoque y su traslado a las estructuras territoriales permiten explicar la desigualdad como un fenómeno indesligable de la concentración.

Los autores citados parten de la concepción de sistema como un conjunto de elementos relacionados entre sí que conforman un todo o parte unida de modo más o menos estable, lo cual es importante para entender "...las relaciones complejas que se dan entre las partes..." (Bertalanffy, 1987, p. 17).. Así, un sistema puede ser aplicado a la sociedad para el análisis de la interrelación entre diferentes actores y organizaciones sociales. Vázquez-Barquero (2007 en Villatoro, 2017, p. 167), señala que, el territorio, como sistema, "...si dispone de estructuras y procesos propios, puede coordinar todos los elementos que produce y reproduce". Estas expresiones reafirman la importancia del enfoque sistémico para explicar la concentración y su reproducción, pero también para explicar la desigualdad socioeconómica asociada con la concentración, como una dimensión del cambio cualitativo que produce la concentración en su dinámica y evolución. A esta desigualdad Luhmann (1998). la aborda en el marco de la teoría de los sistemas sociales a través de tres dimensiones: 1. formas de diferenciación; 2. inclusión y exclusión; y 3. clases sociales, que hacen referencia a las desigualdades entre grupos sociales, familias, grupos étnicos, edades y género.

Cuando refiere a las desigualdades en sus formas de diferenciación, Luhmann (1988). hace alusión a la segmentación, la estratificación, diferencia entre centro/periferia y la diferenciación funcional. Cuando refiere a inclusión y exclusión señala a ambas como coexistentes y como contraparte mutua, promoviendo de esta manera la idea de la desigualdad socioeconómica como un subproducto de la concentración que coincide con lo que nos propusimos mostrar aquí. Al mencionar a la desigualdad como clase social hace referencia a la sociedad funcionalmente diferenciada, con estructura de clases, o como la manera en que se distribuyen los individuos en clases, también llamadas distribuciones

desiguales. De esta manera, este autor da a entender que las características de la desigualdad se localizan en su visión multidisciplinaria, donde es posible abordarla a través de un sistema construido con estructuras y procesos, con subsistemas y entornos. Así, si deseamos ver a la desigualdad social construida en el territorio, como por ejemplo en una aglomeración urbana, y desde el enfoque de sistemas sociales, debemos entonces ver al territorio como un conjunto de relaciones que cambian y se desarrollan permanente e integralmente (Costamagna y Rozzi, 2015, en Villatoro, 2017), con capacidad de reproducción propia y agregada, donde el desarrollo sea parte de un paradigma que se considere como una propiedad emergente de un sistema territorial complejo, pero también como parte de la “ingeniería de las intervenciones territoriales” (Boisier, 2004, en Villaroto, 2017)..

Desde el enfoque de sistemas territoriales, la desigualdad socioeconómica se va construyendo como resultado del crecimiento de la aglomeración urbana donde intervienen múltiples elementos y donde algunos generan orden y otros, desorden. Desde aquí se concibe a la desigualdad socioeconómica como una entropía expresada en una mayor estratificación social, segregación residencial y conflicto, así como en la pérdida de confianza del Estado (Trucco y Ullman, 2015 en Atuesta, et al, 2018, p. 10).. La complejidad en la concepción de la desigualdad reside en sus múltiples dimensiones tales como el nivel socioeconómico, el género, la etnia y la raza, el ciclo de vida y el territorio, las cuales se encadenan, se entrecruzan y se potencian entre sí (CEPAL, 2016, en Atuesta, et al, 2018, p. 10).. En consecuencia, al tratar las desigualdades territoriales en el ordenamiento territorial, debemos entender que éstas están vinculadas con otro conjunto de desigualdades, y que se consolidan de acuerdo al desarrollo de un proceso continuo junto con la aglomeración, todo lo cual hará complejo también su tratamiento.

3 | CONCENTRACIONES URBANAS Y DESIGUALDADES EN AMÉRICA LATINA

En el informe sobre el estado de las ciudades de América Latina y el Caribe, Naciones Unidas (2012). se menciona que América Latina es la región más urbanizada y desigual del mundo, y sostiene la necesidad de ir hacia un modelo de ciudades más sostenibles y compactas a través de la planificación urbanística, políticas de cohesión social, nuevas políticas urbanas y reformas al marco legal e institucional. Cinco años después, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2017), publicó el Panorama multidimensional del desarrollo urbano en América Latina y el Caribe, donde reconoce el papel que desempeñan las grandes concentraciones urbanas y el acelerado crecimiento de la urbanización concentrada en la proliferación de las desigualdades existentes en la región, y propone la desconcentración urbana para lograr disminuir estas desigualdades, sobre la base de conocer que en la región la desaceleración actual del crecimiento de las grandes ciudades parece dar paso al crecimiento desconcentrado de la urbanización y a la

disminución de las desigualdades junto con el incremento de mejores condiciones de vida.

Ante estas afirmaciones, Cortez (2021). se propuso mostrar la asociación estadística que existe entre la velocidad del crecimiento urbano y la desigualdad socioeconómica en América Latina, buscando explicar la modalidad de reproducción de las concentraciones, viendo si las desigualdades socioeconómicas en la década de 2010 se asociaban con la evolución de las concentraciones urbanas durante el periodo 1950-2018. Se trabajó con la tasa de cambio del grado de urbanización y el índice de primacía urbana para dar cuenta del ritmo de concentración urbana. También se trabajó con el índice de concentración del ingreso-GINI y el índice de desarrollo humano (IDH). para dar cuenta de las desigualdades socioeconómicas, reconociendo que estas desigualdades socioeconómicas tienen diversas connotaciones, diversos factores causales y diversas condiciones de reproducción, y que los acentuados ritmos de la concentración urbana, que originan altas primacías, contribuyen a no permitir que la urbanización y su entorno económico y productivo, distribuya sus beneficios a todos los agentes involucrados.

Se reconoce que América Latina no equivocó su decisión de industrializar su economía en tanto esta industrialización se relaciona con condiciones de urbanización que impactaron positivamente en el bienestar de la población; sin embargo, se le restó importancia a la alta velocidad con que ocurre esta urbanización, que involucra una rápida concentración y que conduce a la formación de entropías expresadas en desigualdades socioeconómicas debido, entre otros motivos, primero, a las escasas capacidades económicas, financieras, técnicas, institucionales, normativas y de gestión de las autoridades, frente a los retos que imponían las grandes transformaciones estructurales de la época en la demanda de satisfactores básicos urbanos de una población creciente; segundo, por el relativamente lento crecimiento de la industria respecto al rápido crecimiento de la población concentrada en las ciudades atraída por las relativamente mejores condiciones de vida. El primero de estos aspectos ocasiona población excluida de servicios urbanos y de un lugar para habitar, incentivo para la toma arbitraria de terrenos para vivienda y la formación de los cinturones de miseria y barrios marginales; el segundo, ocasiona incremento de la población desempleada y subempleada, incremento de la informalidad económica y estimula la delincuencia, prostitución y degradación social. Estos dos aspectos se combinan e interactúan para alimentar la polarización y estratificación de las ciudades concentradas y duales (Sassen, 2000 y Castell, 1995), e incrementar su fragmentación (Borsdorf, 2003)..

Un primer hallazgo fue que la urbanización y las desigualdades socioeconómicas mantienen una tendencia inversa en el periodo analizado, permitiendo sostener que un mayor grado de urbanización origina una disminución de las desigualdades con tendencia más acentuada en países que experimentaron procesos de industrialización y desarrollo urbano tempranamente. Argentina, Chile, Uruguay y México, en los cuales se consolida el proceso de urbanización tempranamente, llegan al 2018 con mayores grados de urbanización y con la mayor disminución en la concentración de sus ingresos. Argentina,

con 91.9% de urbanización; Chile, con 87.6%; Uruguay, con 95.3% y México, con 80.2%, están entre los países más urbanizados de la región, principalmente Argentina y Uruguay que poseen los más altos grados de urbanización. Estos países, a la vez, registran los menores valores de concentración del ingreso con GINIs de 0.406 (Argentina), 0.466 (Chile), 0.395 (Uruguay). y 0.433 (México), y son los que poseen los más altos índices de desarrollo humano (IDH). con valores de 0.830, 0.847, 0.808 y 0.767, respectivamente, siendo Chile, incluso, el país que posee las mejores condiciones socioeconómicas de la región con el registro de desarrollo humano más alto (Gráficos 1 y 2)..

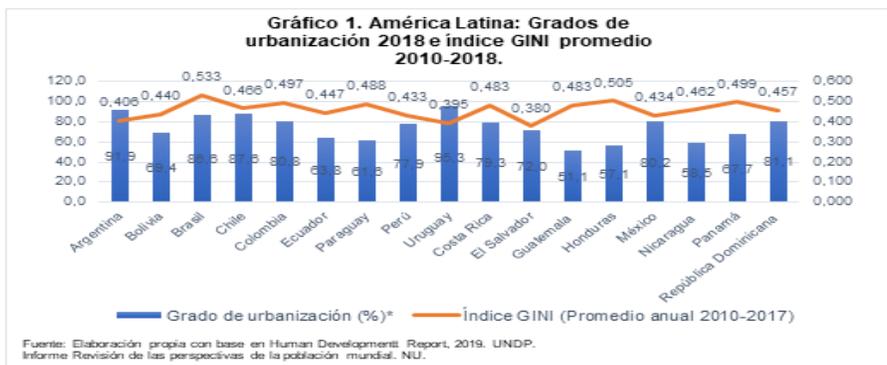


Gráfico 1. América Latina: Grados de urbanización 2018 e índice GINI promedio 2010-2018.

Fuente: Elaboración propia con base en UNDP (2019).. Human Development Report, 2019.

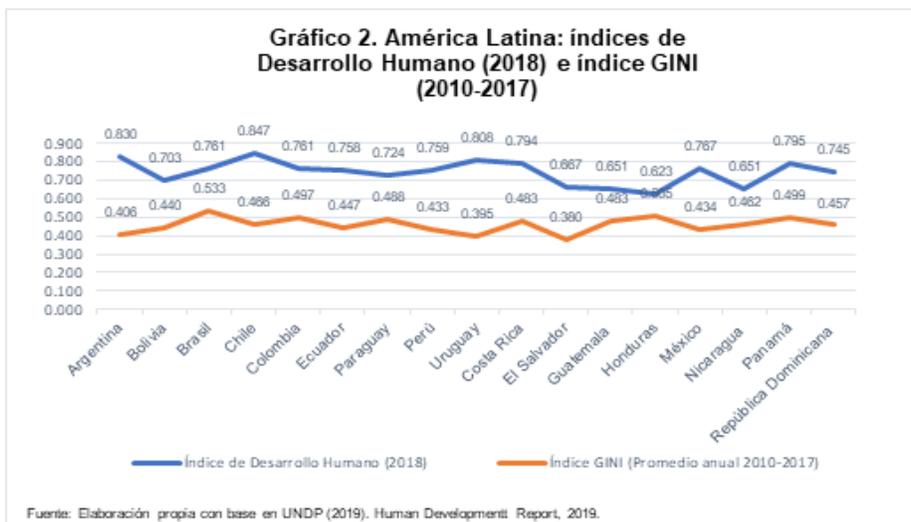


Gráfico 2. América Latina: índices de Desarrollo Humano (2018). e índice GINI (2010-2017).

Fuente: Elaboración propia con base en UNDP (2019).. Human Development Report, 2019.

Al analizar el ritmo con que ocurre esta urbanización se encontró que la alta velocidad de ocurrencia de este fenómeno está promoviendo muy probablemente un aumento de las desigualdades socioeconómicas. Brasil, Honduras y República Dominicana, son los países de mayor ritmo de urbanización y los más desiguales de la región. Brasil posee una velocidad de crecimiento urbano medio anual simple de 2.07% en el periodo 1950-2018, y es el tercer país con mayor velocidad de crecimiento urbano de la región; Honduras posee una velocidad de crecimiento urbano de 3.30% anual en este periodo y es el segundo país con mayor velocidad de crecimiento urbano de la región; y República Dominicana que posee la mayor velocidad de crecimiento urbano anual del conjunto de países analizados con 3.54%; los registros de desigualdad ubican a estos tres países entre los más desiguales de la región, con GINIs, para Brasil, de 0.533; para Honduras, de 0.505; y para República Dominicana de 0.457. Dos de estos países poseen actualmente los más bajos índices de desarrollo humano: Brasil con 0.703 y Honduras con 0.623; mientras que República Dominicana apenas alcanza registros por encima de la media nacional con 0.745 (Gráfico 3)..

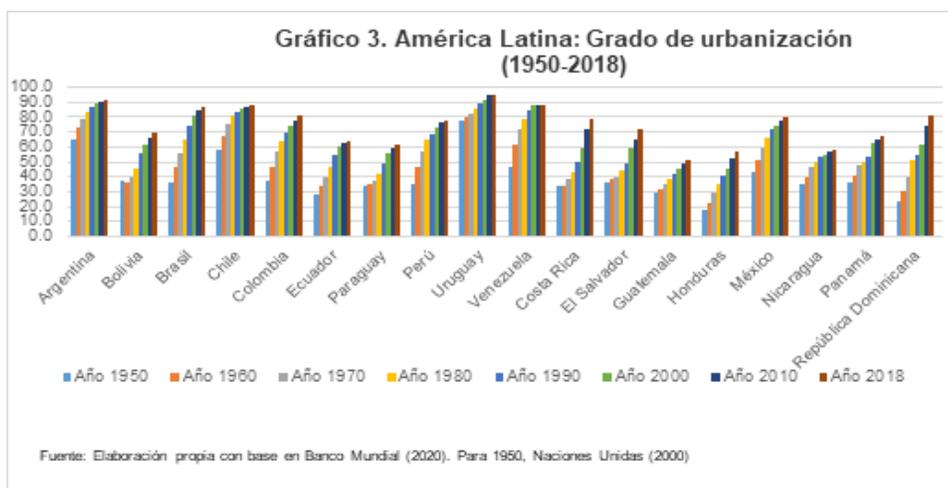


Gráfico 3. América Latina: grados de urbanización (1950-2018).

Fuente: Elaboración propia con base en Banco Mundial (2020).. Para 1950, Naciones Unidas (2000)..

Los países que han transitado por el periodo analizado con altas velocidades de urbanización, a la década de 2010 llegan con fuertes jerarquías urbanas, pero con velocidades de concentración urbana estables. Argentina, Chile y Uruguay son tres de los países que emprendieron tempranamente procesos de industrialización en la región y que ahora, en la década 2010, poseen los menores ritmos de crecimiento urbano, los mayores registros de desarrollo humano y los menores índices de concentración de ingresos: Argentina con una tasa simple de crecimiento urbano anual de 0.60%, Chile con

una velocidad de crecimiento urbano anual de 0.73% y Uruguay con la más baja tasa de crecimiento urbano anual de 0.33%. Son estos mismos países los que muestran a la vez los más altos índices de desarrollo humano de la región en la década 2010, con 0.830, 0.847 y 0.808, respectivamente, y los más bajos grados de concentración de ingresos (GINI). de 0.406, 0.466 y 0.395 respectivamente (Gráficos 2 y 3)..

Otro hallazgo en la investigación mencionada fue que esta relación se verifica al comparar los índices de primacía con los indicadores GINI y de desarrollo humano (IDH).. Esta comparación nos da una idea complementaria de esta asociación, reafirmando que los países que mantienen primacías altas también registran mayores desigualdades socioeconómicas. La primacía urbana relaciona a la población de la ciudad más poblada de un país con la población de las tres ciudades que le siguen (CEPAL, 2016).. Nos da una idea de la concentración urbana al decirnos qué tan concentrada está la población de un país en una sola ciudad y, si comparamos esta primacía en dos momentos diferentes, nos permite saber a qué velocidad ocurre la reconcentración o desconcentración de un país. Si tal índice crece en el tiempo es porque el país está en franco proceso de concentración y su población sigue asentándose con mayor velocidad en una ciudad llamada ciudad primada; si desciende es porque la urbanización se está desconcentrando e involucra el crecimiento de ciudades subsecuentes a mayor velocidad que la ciudad primada; es decir, se asiste a una desconcentración urbana. Esto último no quiere decir que el grado de urbanización de un país deje de aumentar al descender su primacía; lo que señala es la importancia y el rol que desempeña la primera ciudad en la concentración urbana del país (Cortez, 2021)..

En América Latina, los países que desconcentran su función urbana más temprano (Honduras, Paraguay, Bolivia, México, Uruguay, Perú y Nicaragua). (Décadas 1950, 1960 y 1970), llegan a la década de 2010 con primacías bajas y con índices GINI por debajo del nivel medio de la región. Con excepción de Honduras y Paraguay, se tienen GINIs bajos en Bolivia, México, Uruguay, Perú y Nicaragua, quienes registran 0.440, 0.434, 0.395, 0.433 y 0.402, respectivamente, siendo el GINI promedio regional en la década 2010 de 0.459. Contrariamente, los países que llegan a la década de 2010 sin descender sus primacías (Brasil, Colombia y Panamá), poseen en la década de 2010 altos niveles de concentración de ingresos con GINIs de 0.535 para el caso de Brasil, de 0.497 para Colombia y 0.499 para Panamá, por encima del promedio regional (Tabla 1 y Gráfico 2)..

País	índice de primacía (Década).						
	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
Argentina	4.0	4.0	4.0	3.9	3.6	3.6	3.7
Bolivia (Estado plurinacional de).	1.7		1.3		0.9	0.8	0.6
Brasil	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9
Chile	2.4	2.6	2.6	3.0	3.1	3.0	2.8

Colombia	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.3
Ecuador	0.9	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	0.9
Paraguay	6.1	7.9	9.2	7.1	4.8	4.6	0.8
Perú	3.8	4.9	4.4	4.2	4.0	4.1	3.6
Uruguay		8.3	7.3	7.0	6.4	5.9	5.7
Venezuela (República Bolivariana de)/	1.3	1.5	1.4	1.1	0.9	0.7	0.6
Costa Rica	3.5	4.0	3.6	4.1		2.6	1.6
El Salvador	2.0	2.3	2.6		2.7	2.1	1.7
Guatemala	6.6	8.0	9.2	9.4	9.1	7.4	
Honduras	1.4	1.3	1.3	1.4		1.1	0.8
México	3.0	2.8	2.7	2.7	2.3	2.1	1.8
Nicaragua	1.6	2.4	3.2	2.8	2.8	3.0	2.0
Panamá	2.3	3.1	3.7	3.9	3.9	4.2	4.4
República Dominicana	2.0	2.7	2.8	3.0	2.6	2.4	2.9

Tabla 1. América Latina: Índices de primacía, 1950-2010.

Fuente: Base de datos DEPUALC, 2016. CELADE-División de población de la CEPAL. www.cepal.org/celade/depualc (Consultado: agosto, 2019)..

En los espacios vacíos no se dispuso de información.

Índice de primacía = $(Ciudad1/(Ciudad2+Ciudad3+Ciudad4))$..

Ciertos datos de primacía en la década 2010-2019 fueron elaborados por el autor: para Chile, con datos DEPUALC-Censo 2017; para Colombia, con proyecciones para 2019 del Departamento Nacional de Estadística de Colombia (DANE).; para Paraguay, con datos de proyección de población de la Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos (DGEEC).; para Perú, de acuerdo al Censo 2017 según el INEI (2017).; para El Salvador, según el Censo de 2018 levantado por la Dirección General de Estadísticas y Censos (DIGESTYC).; para Guatemala, con el XII Censo Nacional de Población y VII de vivienda 2018; y para Nicaragua, según el Censo poblacional 2018 levantado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC)..

4 I ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESCONCENTRACIÓN URBANA: ALGUNOS ANTECEDENTES EN EL MUNDO Y EN AMÉRICA LATINA

Ante el planteamiento que describe a las desigualdades socioeconómicas como un proceso inherente a la concentración urbana en su acelerado proceso de emergencia y crecimiento, la desconcentración urbana, en su expresión territorial, se presenta como un fenómeno que contribuye a disminuir tales desigualdades. Veremos a continuación algunos elementos de la propuesta teórica y metodológica del ordenamiento territorial para lograr este objetivo.

El tema de las grandes concentraciones urbanas es abordado por el ordenamiento territorial en su versión de áreas metropolitanas; específicamente, fue abordado por la planificación regional (Regional Planning). en sus orígenes. Se trataba de abordar este fenómeno desde dos vertientes: 1. Desde las regiones que expulsaban población y con economías en declive como consecuencia ya sea de una industria atrasada y obsoleta o por

basarse en una economía agraria sin una mínima base industrial; 2. Desde la preocupación por la velocidad de crecimiento de estos núcleos urbanos metropolitanos, precisamente debido a los fuertes desequilibrios que originaba este crecimiento al interior de estas áreas en sus componentes físico y económico, pero también en los acentuados desequilibrios que originaban a nivel regional (Pujadas y Font, 1998).. Nótese aquí la afirmación que realizan estos autores respecto a que el problema de ordenamiento de las metrópolis inició considerándose desde la velocidad con que ocurría la concentración urbana, lo cual coincide con la propuesta de esta ponencia al abordar las desigualdades socioeconómicas.

Según estos últimos autores, hasta la aparición de las grandes metrópolis el urbanismo clásico estuvo asociado con el ordenamiento de un espacio urbano que no implicaba grandes tensiones sociales y desigualdades, y no estaba preparado para hacer frente a las grandes presiones de estas metrópolis expresadas en grandes demandas residenciales, industriales, de infraestructura y equipamiento. Se consideró entonces la posibilidad de ser abordadas estas metrópolis por la planificación regional a través de los planes regionales, que incluían la dimensión del ordenamiento territorial dentro del cual se consideraban temas de promoción de reequilibrios metropolitanos vinculados con la distribución de centros urbanos, para lo cual se proponía la promoción de nuevas ciudades y construcción de nuevas centralidades. El proyecto inicial en los Planes era la construcción de ciudades de tamaño mediano (menores a 50,000 habitantes), que estuvieran localizadas en las proximidades de las grandes aglomeraciones para que permitiera su descongestión. Debían de estar a una distancia tal que permitiera una fluctuación pendular de la población, pero que no deberían de crecer tanto como para conurbarse con la metrópoli y formar una urbe mucho más concentrada. Esto requería un control importante de la dinámica regional de la población y de las actividades económicas que finalmente presentó varios inconvenientes. Ejemplos de esta estrategia fueron los casos que ocurrieron en los entornos de Londres, 1944; Copenhague, 1947; Estocolmo, 1952; Helsinki, 1965; Lyon, Rouen, Marsella y Lille, 1965; Madrid y Barcelona (1970). (Pujadas y Font, 1998)..

Otra estrategia de ordenamiento territorial en su enfoque regional fue la construcción de equilibrios a partir de la formación de nuevas centralidades en ciudades ya existentes próximas a las áreas metropolitanas. Se buscaba ciudades de tamaño medio en el interior de las regiones metropolitanas para fines de desconcentración urbana, que actúen como ámbitos de reequilibrio de las grandes metrópolis mediante su capacidad de conformar nuevas centralidades y contrarrestar el peso del núcleo central; con esto se podía usar la infraestructura de un modo más eficiente y se operaba más integralmente. Se reconocía que la población y la económica se desconcentraban hasta cierto límite de manera espontánea, desde la gran ciudad concentradora metropolitana hacia la corona regional ubicada en la periferia más lejana, originando un cierto proceso de ordenación y construyendo policentralidad, proceso en el cual las deseconomías de escala, los intensos procesos de competitividad, las externalidades negativas y altos costos de permanencia en el lugar

central, juegan roles relevantes; sin embargo, para inducir el ordenamiento territorial a partir de esta estrategia se requerían diversas acciones de definición de ciudades, de desarrollo de nuevas centralidades y prepararlas para recibir población y recursos económicos tales como nuevas inversiones, brindarles mayor equipamiento e infraestructura que vincule a la corona regional con el centro, e intervenir en el sistema productivo para promover los cambios estructurales requeridos. Ejemplos de aplicación de esta estrategia fueron las ciudades de Madrid, 1995 y Cataluña, 1995.

En América Latina dominó la propuesta de la formación de nuevas centralidades basadas en las ciudades medias. Se apostó a la reconfiguración de los sistemas regionales de ciudades, orientando esfuerzos hacia la formación de un sistema de ciudades con base en la expansión y el fortalecimiento de ciudades medias como patrón de asentamientos humanos, donde se distribuya de manera más equilibrada la población y la actividad productiva (De Mattos, 1984), tratando de contrarrestar un patrón de asentamiento concentrador macrocefálico promovido por la localización de la industria en las aglomeraciones y el tránsito de población del campo a la ciudad, con altas primacías urbanas y grandes dispersiones rurales que reflejan las modalidades de distribución jerárquica de los asentamientos cada vez más alejados de la norma rango-tamaño (CEPAL, 1979, citado en De Mattos, 1984, p. 8).. Coexistían una gran concentración con una gran dispersión, en una estructura que este último autor estimó como polarizada y con la ausencia de cantidades importantes de asentamientos de categoría media (entre 100,000 a 500,000 habitantes), con funciones de “amortiguamiento” o de alternativa funcional subregional. De Mattos menciona que en 1940 existían apenas 40 ciudades medias en la región, en 1960 aumentó a 104 y para 1970 esta cifra sube a 166. Según este autor, la emergencia de estas ciudades obedece a un patrón de acumulación capitalista irradiado espacialmente en el nivel regional, lo cual se verifica al comprobar que estas ciudades estaban localizadas en regiones más dinámicas económicamente, coincidentes con la presencia de las grandes aglomeraciones que polarizan los territorios. Así, se asiste a la formación de subsistemas centrales conformados por un área conurbada en crecimiento que constituye el núcleo de estos subsistemas, que aglutina una red de centros urbanos de menor tamaño con presencia de áreas rurales alrededor vinculadas a dicho núcleo y que forman un área de mayor acumulación.

Esta nueva centralidad fue parcialmente implementada en la región, pero logra tener efectos de desconcentración aun desconociendo la parte de ellas que corresponde a la inducción y la parte que corresponde a la formación espontánea. Estos procesos de desconcentración estuvieron acompañados por medidas funcionales de descentralización. Desde la última década del siglo pasado se han fortalecido en los países de la región procesos de descentralización y desconcentración, los cuales han propiciado una mayor participación ciudadana, nuevas formas de gobierno y financiación local, desarrollo de infraestructura para proporcionar los servicios básicos necesarios para el crecimiento

económico de espacios subnacionales, lo cual ha ocurrido paralelamente al proceso de urbanización, principalmente en los sectores de vivienda, agua, saneamiento, transporte, energía, telecomunicaciones, participación del sector privado y de autoridades subnacionales en la movilización de recursos, con relativa independencia del sector público central. También se crearon nuevas formas de regionalismo subnacional y supranacional en la región, con importantes transformaciones productivas, sociales y culturales (Bárcena, 2001)..

Estos resultados, aunque muy parciales, tuvieron como antecedente a la planificación regional, de gran importancia en las décadas de 1960 y 1970 (Finot, 2003), postulada con el propósito de hacer más eficiente la inversión pública y también desconcentrar la economía y la población, para lo cual las diversas divisiones político administrativas formaron regiones con características territoriales similares, manejadas por una autoridad nombrada por el gobierno central y asesorada por “consejos de desarrollo regional”. Esta regionalización, menciona este último autor, implicó un proceso de desconcentración y tomó algunos elementos de descentralización política en la medida en que participaban en las decisiones representantes de la sociedad civil.

5 I RETOS DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Un primer aspecto es la redistribución de la migración que se experimentó con la aparición de las grandes urbes y metrópolis (Da Cunha y Vignoli, 2009).. La conformación y el desarrollo de las zonas metropolitanas cambiaron los patrones migratorios en los países de la región; los tradicionales patrones de migración del campo a la ciudad fueron disminuyendo relativamente al incrementarse la proporción de migrantes entre áreas urbanas y también la movilidad al interior de las áreas metropolitanas. En este contexto, la dinámica migratoria entre municipios y localidades conurbadas es más importantes que entre regiones o grandes divisiones políticas y administrativas, pero a la vez más importantes que la migración campo-ciudad. La migración en los diversos entornos no dejó de incrementarse, y es difícil aseverar que la concentración urbana, ahora metropolitana, deje de crecer, aunque con ritmos tal vez menores. Así lo expresan Da Cunha y Vignoli (2009). y ONU-Hábitat (2020), quienes tratan de contestar preguntas sobre la existencia de una desconcentración demográfica en la región y, en particular, desde las metrópolis, señalando que, en la región, “...los países tienden a presentar una fuerte concentración de su población en las divisiones administrativas en que se localiza la ciudad más poblada..., ese rasgo no parece sufrir grandes modificaciones, aun cuando varias grandes ciudades efectivamente estén perdiendo peso demográfico dentro del sistema urbano desde la década de 1980.” (p. 38).. Esta afirmación parece presentar la idea de una desconcentración concentrada de la población, donde la ciudad central disminuye el ritmo de crecimiento poblacional, pero aumentan los ritmos de otras localidades cercanas a esta ciudad dentro de las Divisiones

Administrativas Mayores (DAM), formando una configuración reconcentrada donde la ciudad central tradicionalmente concentradora construye en el entorno su corona regional urbana que algunos autores denominan “ciudad difusa” (Demateis, 1998 en Delgado, et al. 2008), otros “ciudad-región” (Scott, 2001 en Delgado, et al. 2008), otros “sistemas de ciudades policéntricos” (Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos-ONU-Hábitat, 2020), aunque otros ya lo habían denominado “subsistema central” (De Mattos, 1984).. En este sentido, evitar la desconcentración concentrada, dada la asociación entre la velocidad de concentración urbana y las desigualdades, constituye un reto del ordenamiento territorial como instrumento técnico y normativo.

De otro lado, aunque la migración hacia las metrópolis y su entorno sigue creciendo de forma absoluta en la región, el Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos-ONU-Hábitat (2020). reporta una disminución gradual de la migración relativa en estos territorios como resultado de una serie de acciones y procesos de descentralización y desconcentración, tanto espontáneos como inducidos. Al presentar el informe del Estado Global de las Metrópolis 2020, este último autor reporta 215 metrópolis en América Latina y el Caribe: 6 metrópolis con más de 10 millones de habitantes; 3 metrópolis entre 5 y 10 millones de habitantes; 65 metrópolis tienen entre 1 y 5 millones de habitantes; y 141 metrópolis tienen entre 300.000 y 1 millón de habitantes, siendo Brasil, México, Colombia, Argentina, Venezuela y Perú, los países con más metrópolis con 61, 54, 18, 17, 17 y 11 metrópolis, respectivamente. Todos estos países tienen sistemas de ciudades policéntricos, mientras que hay 8 países con una sola metrópoli y 3 países con dos metrópolis. En 2020 se estimó 321.2 millones de personas viviendo en metrópolis en América Latina y el Caribe; entre 2020 y 2035 se prevé que aumenten 53 millones de personas para dar un total de 374.2 millones de personas viviendo en las metrópolis de América Latina y El Caribe, aunque este aumento, tal como se advirtió líneas arriba, se realice a tasas cada vez más lentas: 2.45% anual para el período 1950-2000, 1.76% para el periodo 2000-2020; y de 1.06% para el periodo 2020-2035 (Gráfico 4)..

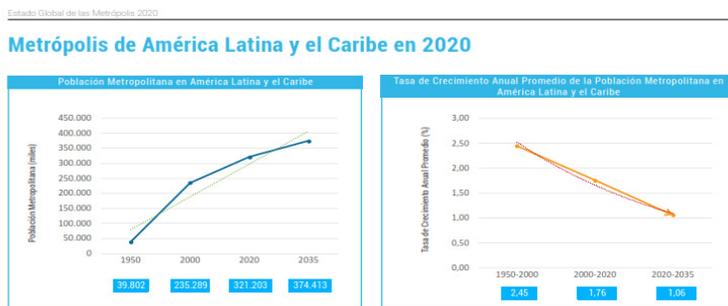


Gráfico 4. Metrópolis de América Latina y El Caribe hasta el 2020 con proyección al 2035

Fuente: ONU-Hábitat (2020)..

Este proceso adquiere en América Latina mayor preocupación debido al área que ocupan estas grandes metrópolis. ONU-Hábitat reporta una velocidad de crecimiento de área ocupada por las metrópolis de 1.5% para el periodo 2000 y 2015, siendo mayor en países de ingresos bajos (2,6%), seguidos por países de ingresos medios (1,9% en medio-bajo y 1,5% en medio-alto). y finalmente, de países de ingresos altos (1%). No olvidemos que América Latina y el Caribe es la cuarta región más pobre del mundo después de África Subsahariana, el Sur de Asia y Asia Oriental y Pacífico (Banco Mundial, 2021), con lo cual se espera un ritmo relativamente alto en la ocupación de área por la metrópoli, trastocando el uso del suelo y trasladando suelo agrícola a suelo urbano, impactando a la oferta de suelo de manera muy diferencial en la sociedad, lo que representa otra forma de desigualdad socioeconómica y constituye otro reto pendiente de las propuestas de ordenamiento territorial como instrumento técnico y normativo.

También, y en estrecha relación con lo que aquí se ha mostrado respecto a la naturaleza indesligable de la desigualdad socioeconómica con la dinámica territorial de las aglomeraciones urbanas, un tercer reto de importancia del ordenamiento territorial es abordar simultáneamente dos grandes temas: primero, tal como se acaba de mencionar, inducir con más propiedad acciones de desconcentración y descentralización, física y funcional, que trasciendan los límites de las periferias cercana y media de las grandes concentraciones y contemplen los niveles macrorregional e interregional; segundo, continuar promoviendo con mayor efectividad, condiciones compensatorias no sólo en las jurisdicciones rezagadas tradicionales del medio rural, sino también en las propias jurisdicciones conurbadas al interior de las metrópolis. Esto último atraviesa por continuar la promoción de la articulación sectorial, la promoción de ofertas productivas y la integración cada vez mayor de la población organizada en la definición de su propio desarrollo.

REFERENCIAS

Atuesta, B, Xavier, M. y Tromben, M. (2018).: Herramientas para el análisis de las desigualdades y del efecto redistributivo de las políticas públicas, Santiago de Chile, Cepal.

Banco Mundial (2021).: Base de datos. <https://databank.bancomundial.org/home.aspx> (Consulta el 15/08/2021)..

Bárcena, A. (2001).: "Evolución de la urbanización en América Latina y el Caribe en la década de los noventa: desafíos y oportunidades", ICE Revista de Economía, 790, pp. 51-61.

Bertalanffy, L. V. (1987).: Teoría general de los sistemas: Fundamentos, desarrollo, aplicaciones, México, Fondo de Cultura Económica.

Borsdorf, A. (2003).: "Cómo modelar el desarrollo y la dinámica de la ciudad latinoamericana", EURE, XXIX (86), pp. 37-49.

Castell, M. (1995).: La ciudad informacional, Madrid, Alianza Editorial.

- Centro Económico Para América Latina (CEPAL). (2013).: Guía: análisis del sistema urbano regional para el ordenamiento territorial, Santiago de Chile, CEPAL. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/36818-guia-analisis-sistema-urbano-regional-ordenamiento-territorial> (Consulta 21/08/2021)..
- Centro Económico Para América Latina (CEPAL). (2016).: Población y desarrollo, Santiago de Chile, DEPUALC, CELADE-División de población de la CEPAL. www.cepal.org/celade/depualc. (Consulta 18/08/2019)..
- Centro Económico Para América Latina (CEPAL). (2017).: Panorama multidimensional del desarrollo urbano en América Latina y el Caribe, Santiago de Chile, CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/41974/1/S1700257.es.pdf> (Consulta 11/4/2021)..
- Cortez, H. (2021).: “Concentración urbana y desigualdad en América Latina”, *Boletín Científico Sapiens Research*, 11(1), pp. 81-88.
- Da Cunha, J. M. P. y Vignoli, J. R. (2009).: “Crecimiento urbano y movilidad en América Latina”, *Revista Latinoamericana de Población*, 3(4), pp. 27-64.
- De Mattos, C. A. (1984).: “Ciudades intermedias y desconcentración territorial: propósitos, alcances y viabilidad”, *EURE-Revista de Estudios Urbano Regionales*, 11(32), pp. 7-34.
- Delgado, J. (Coord.). (2008).: *La urbanización difusa de la Ciudad de México. Otras miradas sobre un espacio antiguo*, México, UNAM.
- Finot, I. (2003).: *Descentralización en América Latina: cómo hacer viable el desarrollo local*, Santiago de Chile, ILPES.
- Luhmann, N. (1998).: *Sistemas sociales: lineamientos para una teoría general*, México, Anthropos Editorial.
- Naciones Unidas (2000).: *World Urbanization Prospects. The 1999 Revision*, New York, United Nations Population Division.
- Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos-(ONU-Hábitat). (2012).: *Estado de las ciudades de América Latina y El Caribe 2012. Rumbo a una nueva transición urbana*, Río de Janeiro, ONU-Hábitat.
- Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos-(ONU-Hábitat). (2020).: *Estado global de las Metrópolis 2020. Folleto de Datos Poblacionales*, Nairobi, ONU-Hábitat.
- Pujadas, R. y Font, J. (1998).: *Ordenación y planificación territorial*, Madrid, Síntesis Editorial.
- Sassen, S. (2000).: *Cities in a world economy*, Nueva York, Pine Forge Press.
- Villatoro, F. (2017).: “El territorio como sistema complejo”, *ECA: Estudios centroamericanos*, (749), pp. 165-176.

O USO DA DOMINÂNCIA NO PROBLEMA DA ÁRVORE GERADORA MÍNIMA COM PARÂMETROS FUZZY

Data de aceite: 01/02/2022

Data de submissão: 25/11/2021

Fabio Hernandes

Departamento de Ciência da Computação
Universidade Estadual do Centro-Oeste –
UNICENTRO
Guarapuava, PR
<http://lattes.cnpq.br/2110808766116337>

Lucas Fernando Frighetto

Departamento de Ciência da Computação
Universidade Estadual do Centro-Oeste –
UNICENTRO
Guarapuava, PR
<http://lattes.cnpq.br/1095181674675390>

Mauro Henrique Mulati

Departamento de Ciência da Computação
Universidade Estadual do Centro-Oeste –
UNICENTRO
Guarapuava, PR
<http://lattes.cnpq.br/3945457468863985>

RESUMO: O problema da árvore geradora mínima com parâmetros *fuzzy* é um dos principais problemas da programação matemática *fuzzy*, visto que possui aplicações nas mais diversas áreas, como, por exemplo, redes de distribuição de energia, armazenamento de informações e transportes. Neste trabalho é proposto um algoritmo exato para o problema da árvore geradora mínima com estrutura *crisp* e parâmetros *fuzzy*. Trata-se de uma adaptação do algoritmo clássico de Prim, utilizando a relação de dominância de alguns

trabalhos da literatura que tratam do problema de caminho mínimo *fuzzy*. As incertezas nos pesos são abordadas por meio da teoria dos conjuntos *fuzzy* e as árvores geradoras do conjunto solução são armazenadas usando o conceito de rótulos. O algoritmo proposto foi testado em três diferentes redes, compatíveis às instâncias dos principais trabalhos da literatura.

PALAVRAS-CHAVE: algoritmo de Prim; programação matemática; teoria de grafos; teoria dos conjuntos *fuzzy*.

THE DOMINANCE CONCEPT APPLIED IN THE MINIMUM SPANNING TREE PROBLEM WITH FUZZY PARAMETERS

ABSTRACT: The minimum spanning tree problem with fuzzy parameters is one of the main problems in fuzzy mathematical programming, as it has applications in several areas, such as, power distribution networks, information storage and transportation. This work proposed an exact algorithm to the problem of minimum spanning tree problem with crisp structure and fuzzy parameters. It is an adaptation of the classic algorithm Prim, using the dominance relationship based on some literature review dealing with the fuzzy shortest path problem. The uncertainties in the weights are addressed using the Fuzzy Set Theory, while the spanning trees in the solution set are stored using the concept of labels. The proposed algorithm was tested on three different networks, compatible with the instances found in the main literature reviews in the area.

KEYWORDS: Fuzzy sets theory; graphs theory; mathematical programming; Prim's algorithm.

1 | INTRODUÇÃO

Incertezas, imprecisões e ambiguidades são fatores que não podem ser ignorados na resolução de alguns problemas reais visto que, em muitos casos, os parâmetros (custos, capacidades, demandas, dentre outros). podem não ser naturalmente precisos. Com isso, nas décadas de 1960 e 1970, Zadeh [1–3] introduziu a teoria dos conjuntos *fuzzy*, cuja finalidade foi dar um tratamento matemático a termos linguísticos subjetivos como “aproximadamente” e “em torno de” dentre outros.

A teoria dos grafos é uma das áreas da programação matemática que tem utilizado frequentemente a teoria dos conjuntos *fuzzy* em alguns de seus problemas, dentre os quais se destacam: caminho mínimo [4–11], fluxo máximo [12–15], fluxo de custo mínimo [12, 16, 26], árvore geradora mínima [17–21] e coloração de grafos [22–25]. Dentre estes problemas, o da árvore geradora mínima é um dos principais, haja vista suas aplicações na Engenharia e na Informática, tais como: instalações e projeções de redes de telecomunicações (redes de computadores, redes de telefonia e redes de TV a cabo). e elétricas, problemas de transporte (rodovias e ferrovias), dentre outros [26].

Na literatura são apresentados diversos algoritmos que resolvem o problema clássico da árvore geradora mínima sendo, principalmente, os algoritmos de Kruskal, Prim, Borůvk e Sollin [27]. Porém, ao considerar incertezas nos parâmetros ou na estrutura da rede, a resolução desse problema se torna mais trabalhosa, pois a comparação entre os dados dos parâmetros não é trivial como no caso clássico, reportando assim à teoria dos conjuntos *fuzzy*. O número de trabalhos na literatura que trata do tema é reduzido, devendo-se principalmente a Delgado et al [28], Chunde [29], Takahashi e Yamakami [18], Takahashi e Yamakami [17], Gao e Lu [30], Janiak e Kasperski [31], Mohanty et al [19] e Nayeem e Pal [21].

No trabalho de Delgado et al [28] foram introduzidos os conceitos do problema da árvore geradora mínima em redes com parâmetros e/ou estruturas *fuzzy* e utilizado o conceito de α -corte para obtenção de cada árvore geradora mínima do conjunto *fuzzy* de soluções. Chunde [29] propôs, por meio de uma heurística, um algoritmo em que é realizada apenas uma iteração do algoritmo de Delgado et al [28], que utiliza o α -corte mais conveniente, aplicado a redes com incertezas em sua estrutura. Takahashi e Yamakami [18] propuseram um algoritmo genético para o problema com parâmetros *fuzzy*, usando a teoria de possibilidade de Zadeh [3], enquanto que no segundo trabalho [17] foi abordado o problema em uma rede com estrutura *fuzzy*, adaptando os trabalhos de Delgado et al [28] e Chunde [29]. Gao e Lu [30] abordaram o problema da árvore geradora mínima quadrática *fuzzy* com parâmetros incertos e propuseram um algoritmo genético para solucioná-lo. Janiak e Kasperski [31] aplicaram a teoria da possibilidade de Zadeh [3] nos custos das arestas e utilizaram um algoritmo clássico da literatura para encontrar a árvore geradora mínima. Mohanty et al [19] abordaram o problema com parâmetros *fuzzy* por meio do algoritmo clássico de Borůvka, juntamente com o índice de ordenação de Yao e Lin [32]. Em um dos trabalhos mais recentes, Nayeem e Pal [21] “defuzzificaram”, o problema,

transformando-o em um problema clássico, e o resolveram via algoritmos genéticos.

Analisando os trabalhos descritos anteriormente, verifica-se que estes apresentam algumas particularidades, tais como: solucionam o problema via algoritmos genéticos [17, 18, 21, 29, 30] ou aplicam índices de “defuzzificação”, resolvendo o problema por meio de métodos clássicos [19, 31], o que pode ocasionar perda de informações. Além do mais, nos trabalhos descritos anteriormente seus algoritmos são aplicados em redes de pequeno porte (máximo de 21 vértices e 36 arestas, também utilizada neste trabalho), pouco densas e com várias arestas dominadas (descartadas), o que faz com que o uso de métodos heurísticos não seja totalmente justificável. Com isso, o objetivo deste trabalho é apresentar um algoritmo exato, adaptado do algoritmo de Prim, para resolver o problema da árvore geradora mínima em redes com parâmetros *fuzzy*, aplicável principalmente a redes de pequeno porte (similares às utilizadas nos trabalhos da literatura). ou pouco densas e com arestas dominadas (arestas caras, de peso grande)..

O algoritmo proposto trabalha com as incertezas até a obtenção da solução final, aplicando, assim, a relação de dominância de Okada e Soper [4] para eliminar as arestas de maior peso e o conceito de rótulos para armazenar o conjunto solução, pois o mesmo pode apresentar mais de uma árvore geradora mínima. Trata-se de um algoritmo baseado nos trabalhos de Okada e Soper [4], Okada [6] e Hernandez et al [8].

Este trabalho está organizado da seguinte forma: na seção 2 são apresentados os conceitos e definições utilizados no trabalho; a seção 3 aborda o algoritmo proposto; na seção 4 estão os resultados computacionais, enquanto que na seção 5 são destacadas as conclusões e trabalhos futuros.

2 | CONCEITOS E DEFINIÇÕES

Nesta seção são abordados alguns conceitos e definições utilizados no trabalho. Inicialmente é introduzido o problema da árvore geradora de peso mínimo, seguido de alguns conceitos da teoria dos conjuntos *fuzzy* e do problema da árvore geradora mínima *fuzzy*.

2.1 O problema da árvore geradora mínima

Definição 1. Um grafo não orientado $G = (N, A)$, tal que N é o conjunto dos vértices e A o conjunto das arestas, é uma árvore se, e somente se, G for conexo e acíclico [33].

Seja um grafo $G = (N, A)$, tal que para cada aresta $(i, j) \in A$ associa-se um número C_{ij} , chamado *peso da aresta* (i, j) . Dado um subgrafo $G^f = (N, A^f)$ de $G = (N, A)$, chama-se *peso de G^f* o valor $C(G^f)$, calculado da seguinte forma:

$$C(G^f) = \sum_{(i,j) \in A^f} C_{ij}$$

sendo o grafo $G = (N, A)$ conexo. Caso o grafo seja desconexo, o problema pode ser resolvido

separadamente para cada componente conexo.

O problema da árvore geradora mínima consiste em procurar uma árvore T^* de G , tal que:

$$C(T^*) = \min_T \{C(T)\}$$

sendo o mínimo considerado sobre o conjunto de todas as possíveis árvores T de G .

Teorema 1. Se todas as arestas do grafo $G = (N, A)$ possuírem pesos distintos, a árvore de peso mínimo é única [33].

2.2 Teoria dos conjuntos fuzzy

Considerando que os pesos e as arestas das redes tratadas no algoritmo proposto são fuzzy, nesta subseção são apresentados alguns conceitos de números fuzzy, bem como a relação de ordem utilizada para eliminar as arestas consideradas caras (pesos maiores)..

2.2.1 Números fuzzy

As definições apresentadas são encontradas em Dubois e Prade [34] e Pedrycz e Gomide [35].

Considerando que os pesos das arestas utilizados neste trabalho são abordados como números fuzzy triangulares, as definições apresentadas tratam deste número.

Definição 2. Um número fuzzy triangular, denotado por $\tilde{a} = (m, \alpha, \beta)$, possui sua função de pertinência, $\mu_{\tilde{a}}(x)$, definida da seguinte forma (Figura 1):

$$\mu_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} 0, & \text{se } x \leq m - \alpha \\ \frac{x - (m - \alpha)}{\alpha}, & \text{se } m - \alpha < x < m \\ 1, & \text{se } x = m \\ \frac{(m + \beta) - x}{\beta}, & \text{se } m < x < m + \beta \\ 0, & \text{se } x \geq m + \beta \end{cases}$$

tal que: m é o valor modal, α o espalhamento à esquerda e β o espalhamento à direita.

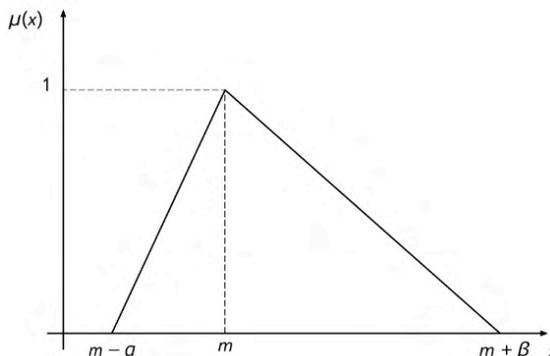


Figura 1. Exemplo de uma função de pertinência triangular.

Definição 3. Valor modal é o valor $x \in [m - \alpha, m + \beta]$ para o qual a função de pertinência tem valor máximo.

Definição 4. Sejam \tilde{a} e \tilde{b} dois números fuzzy triangulares, sendo $\tilde{a} = (m_1, \alpha_1, \beta_1)$ e $\tilde{b} = (m_2, \alpha_2, \beta_2)$, a soma fuzzy entre \tilde{a} e \tilde{b} é denotada por:

$$\tilde{a} \oplus \tilde{b} = (m_1, \alpha_1, \beta_1) \oplus (m_2, \alpha_2, \beta_2) = (m_1 + m_2, \alpha_1 + \alpha_2, \beta_1 + \beta_2)$$

2.2.2 Relação de ordem

Okada e Soper [4] abordaram, em seu trabalho, o problema do caminho mínimo fuzzy e, para eliminar os caminhos considerados “caros”, propuseram uma relação de ordem baseada nas operações “fuzzy max” e “fuzzy min”, definidas pelo princípio da extensão, como segue:

$$\mu_{\max\{\tilde{a}, \tilde{b}\}}(r) = \sup_{r = \max\{s, t\}} \{\mu_{\tilde{a}}(s), \mu_{\tilde{b}}(t)\}$$

tal que: $\mu_{\max\{\tilde{a}, \tilde{b}\}}$ é uma função de pertinência \tilde{a}, \tilde{b} e s, t são os nós origem e destino, respectivamente.

O máximo de n números fuzzy $\tilde{a}_1, \tilde{a}_2, \dots, \tilde{a}_n$ denotado por $\max \max \{\tilde{a}_1, \tilde{a}_2, \dots, \tilde{a}_n\}$, é também um número fuzzy, mas $\max \{\tilde{a}_1, \tilde{a}_2, \dots, \tilde{a}_n\}$ não necessariamente é um dos \tilde{a}_i^f s. Logo, a relação de ordem de Okada e Soper [4] é:

Definição 5. Dados dois números fuzzy triangulares, $\tilde{a} = (m_1, \alpha_1, \beta_1)$ e $\tilde{b} = (m_2, \alpha_2, \beta_2)$, $\tilde{a} < \tilde{b}$ (\tilde{a} domina \tilde{b}) se, e somente se, $m_1 \leq m_2$, $(m_1 - \alpha_1) \leq (m_2 - \alpha_2)$, $(m_1 + \beta_1) \leq (m_2 + \beta_2)$ e $\tilde{a} \neq \tilde{b}$.

Exemplo. Dados três números fuzzy triangulares $\tilde{a} = (m_1, \alpha_1, \beta_1)$, $\tilde{b} = (m_2, \alpha_2, \beta_2)$ e $\tilde{c} = (m_3, \alpha_3, \beta_3)$, conforme figura 2.

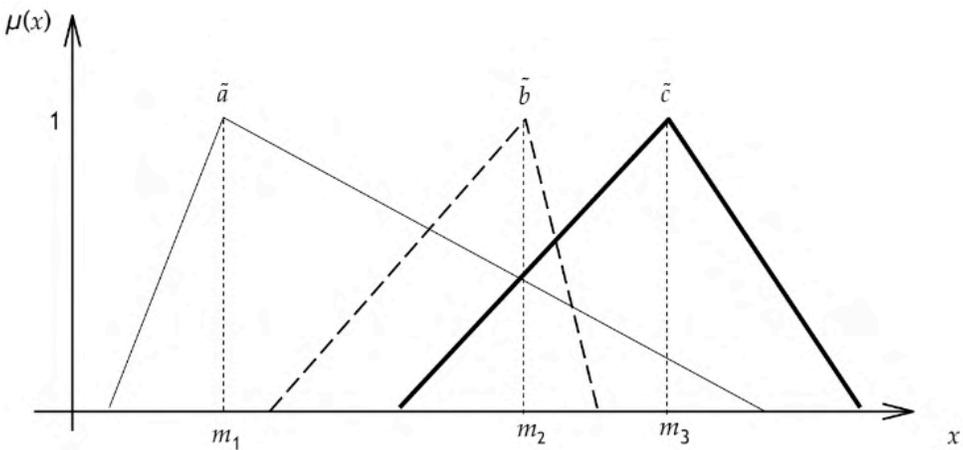


Figura 2. Exemplo de dominância.

Aplicando a relação de dominância de Okada e Soper (Definição 5), verifica-se que $\tilde{a} \prec \tilde{b}$, $\tilde{a} < \tilde{c}$, $\tilde{b} \prec \tilde{a}$, $\tilde{b} < \tilde{c}$, $\tilde{c} \prec \tilde{a}$ e $\tilde{c} \prec \tilde{b}$. Logo, \tilde{c} é eliminado, pois foi dominado por, pelo menos, um dos outros números, isto significa que possui peso maior que, no mínimo, um dos outros.

2.3 O problema da árvore geradora mínima fuzzy

Dado um grafo conexo $\tilde{G} = (N, A)$, tal que para cada aresta $(i, j) \in A$ associa-se um número fuzzy C_{ij} – chamado *peso da aresta* (i, j) . – e seja $G^F = (N, A^F)$ um subgrafo de $\tilde{G} = (N, A)$. Denota-se peso de \tilde{G}^F o valor:

$$C(\tilde{G}^F) = \sum_{(i,j) \in A^F} C_{ij}$$

O *problema da árvore mínima fuzzy* consiste em procurar uma árvore T^* de \tilde{G} , tal que:

$$C(T^*) = \min_T \{C(T)\}$$

sendo o mínimo considerado sobre o conjunto de todas as possíveis árvores de \tilde{G} .

3 | ALGORITMO PROPOSTO

O algoritmo proposto é uma adaptação do algoritmo clássico de Prim [33] e se baseia nos trabalhos de Okada e Soper [4] e Hernandez et al [8], cuja finalidade é tratar de uma rede com incertezas em seus parâmetros. Os pesos das arestas são tratados como números *fuzzy* triangulares e foi utilizado o conceito de dominância de Okada e Soper [4] para eliminar as arestas de maior peso.

Considerando que o algoritmo proposto tem por objetivo apresentar um conjunto solução de árvores geradoras mínimas *fuzzy*, ao contrário do caso clássico em que apenas uma é apresentada, é utilizado o conceito de rótulo para armazenar as diferentes árvores do conjunto solução, similar aos trabalhos de caminho mínimo *fuzzy* de Okada e Soper [4] e Hernandez et al [8].

O algoritmo proposto é composto de três passos, a saber: no Passo 0 são inicializadas as variáveis; no Passo 1 são construídas as árvores geradoras de peso mínimo, sendo que inicialmente são verificadas todas as possíveis arestas que podem fazer parte da árvore (constituição da variável *aux*). e, em seguida, são eliminadas as de maior peso (aplicação da dominância).. Com as arestas restantes são construídas as árvores geradoras (uma árvore para cada aresta de *aux*).. O Passo 2 é o critério de parada, sendo verificado se todas as possíveis árvores são realmente árvores do grafo $\tilde{G} = (N, A)$, caso contrário, retorna-se ao Passo 1.

3.1 Passos do algoritmo proposto

Descrição das variáveis:

N : conjunto dos vértices;

A : conjunto das arestas;

$C(i, j)$: peso da aresta (i, j) . $\square A$;

k : rótulo das árvores geradoras;

T^k : conjunto dos vértices pertencentes à árvore geradora mínima k ;

S^k : conjunto das arestas pertencentes à árvore geradora mínima k ;

V^k : variável auxiliar que armazena o conjunto dos vértices que não pertencem à árvore geradora mínima k ;

n : variável auxiliar que armazena o número de árvores geradoras mínimas;

$cont$: variável auxiliar que armazena o número de árvores geradoras mínimas do conjunto solução;

aux : variável auxiliar para construção do conjunto solução; e

it : contador de iterações.

Algoritmo Proposto

PASSO 0: Inicialização das variáveis

Forneça o grafo $\bar{G} = (N, A)$, com seus respectivos pesos $C(i, j)$ das arestas

Escolha o vértice inicial $i \in N$

$k \leftarrow 1$

$n \leftarrow 1$

$cont \leftarrow 1$

$S^k \leftarrow \emptyset$

$T^k \leftarrow \{i\}$

$V^k \leftarrow N - \{i\}$

$it \leftarrow 0$

PASSO 1: Construção do conjunto solução (árvores geradoras de peso mínimo)

$it \leftarrow it + 1$

Para $k \leftarrow 1$ até n faça

$aux \leftarrow \emptyset$

 Para cada aresta $(i, j) \in A$ tal que $i \in T^k$ e $j \in V^k$

```

    aux ← aux + {(i, j)}
(i, j) ← primeiro(aux)
Enquanto (i, j) ≠ NIL faça
    (l, m) ← primeiro(aux)
    Enquanto (l, m) ≠ NIL faça
        (p, q) ← sucessor ((l, m), aux)
        se C(i, j) < C(l, m) e (i, j) ≠ (l, m) então
            aux ← aux - {(l, m)}
            (l, m) ← (p, q)
        (i, j) ← sucessor ((i, j), aux)
Para cada aresta (i, j) ∈ aux faça
    Se não existir a árvore {Sk + (i, j)} faça

    Se (i, j) for a primeira aresta de aux então
        r ← k
    Senão
        cont ← cont + 1
        r ← cont
    Sr ← Sk + {(i, j)}
    Tr ← Tk + {j}
    Vr ← Vk - {j}
fim(para- início do Passo 1)
PASSO 2: Critério de Parada
Parada ← verdadeiro
Para k ← 1 até cont faça
    Se |Sk| ≠ (|N| - 1)
        Parada ← falso
Se Parada = falso
    n ← cont
    Volte ao Passo 1
Senão
    Retorne {Sk : k ∈ 1, 2, ..., cont}
FIM

```

3.2 Considerações sobre o algoritmo proposto

A cada iteração do algoritmo proposto um vértice migra do conjunto V^k para o conjunto T^k da árvore S^k . Logo, considerando que V^k possui inicialmente o vértice i , o número de iterações do Passo 1 do algoritmo é $v - 1$, sendo v o número de vértices do grafo original.

Analisando o algoritmo proposto verifica-se que sua aplicação a grandes redes, densas e com pouca dominância pode não ser viável, haja vista que o conjunto solução é composto de combinações de arestas para gerar o conjunto das árvores geradoras

mínimas *fuzzy*. Porém, vale destacar que os principais trabalhos da literatura abordaram o problema em redes pouco densas e com, pelo menos, 60% de arestas dominadas, o que justifica a aplicação deste algoritmo. Também, ressalta-se que o conceito de dominância foi utilizado em alguns trabalhos da literatura referentes ao problema do caminho mínimo com incertezas, trabalhos estes que apresentaram algoritmos exatos [4, 6], semelhantes ao proposto, e que foram publicados nos principais periódicos da área, além de serem bem citados na literatura.

4 | RESULTADOS COMPUTACIONAIS

O algoritmo proposto foi implementado em Java e executado em três redes distintas não orientadas, sendo as duas primeiras com pesos fictícios.

4.1 Instância 1

Nesta instância foi considerada uma rede pequena com 5 vértices e 7 arestas (Figura 3), a fim de detalhar as árvores obtidas passo a passo na execução do algoritmo.

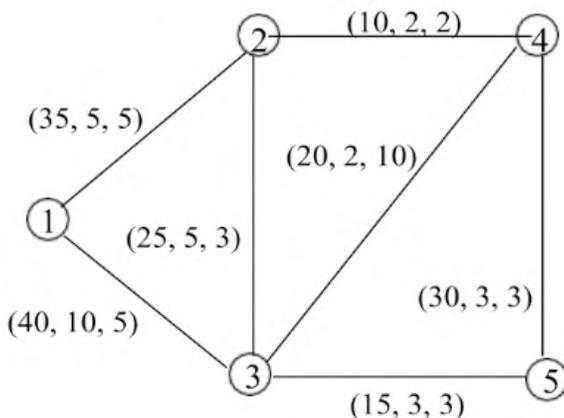


Figura 3. Rede 1.

A seguir (Figuras 4-7). são apresentadas as arestas selecionadas (em negrito). a cada iteração do Passo 1 aplicado na rede da figura 3, considerando o vértice 1 como inicial.

Na primeira iteração poderiam ser selecionadas as arestas (1,2). e (1,3), porém a escolhida foi a (1,2). que dominou a outra (Figura 4)..

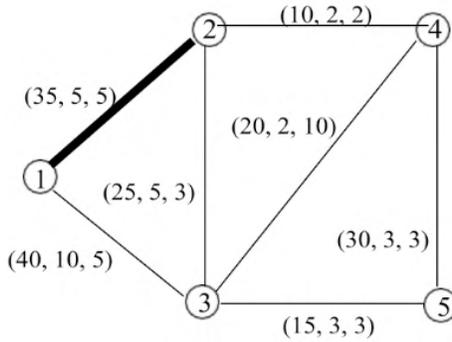


Figura 4. Aresta selecionada após a primeira iteração – Árvore S^1 .

Na segunda iteração as possíveis arestas eram (1,3), (2,3). e (2,4).. A selecionada foi a aresta (2,4), que dominou as demais (Figura 5)..

Na terceira iteração do Passo 1 as arestas possíveis eram (1,3), (2,3), (4,3). e (4,5), sendo as arestas (2,3). e (4,3). não dominadas. Com isso, a variável S^1 deu origem a mais uma variável (S^2), originando assim duas possíveis árvores geradoras de peso mínimo, S^1 e S^2 , conforme figura 6.

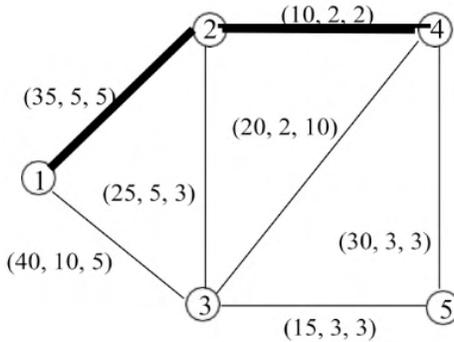
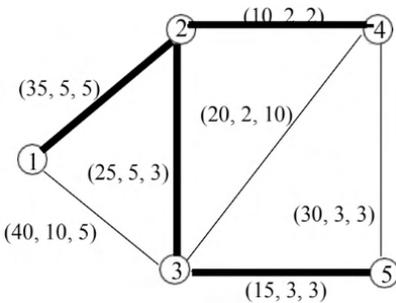
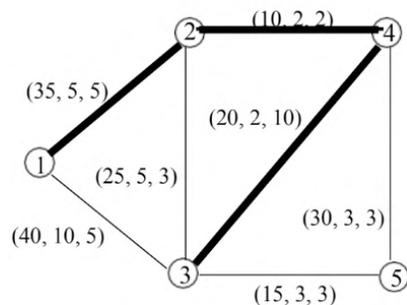


Figura 5. Arestas selecionadas após a segunda iteração – Árvore S^1 .



(a). Árvore geradora S^1



(b). Árvore geradora S^2

Figura 6. Árvores geradoras mínimas fuzzy obtidas na terceira iteração – Instância 1.

Na quarta e última iteração as possíveis arestas eram (3,5). e (4,5), sendo a (3,5) selecionada, pois dominou a outra, e incluída nas variáveis S^1 e S^2 . As duas árvores geradoras - S^1 e S^2 (Figura 7). - do conjunto solução apresentaram pesos finais de (85, 15, 13). e (80, 12, 20), respectivamente.

Ao analisar o grafo da Rede 1, verifica-se que sua densidade, D , é de 70% ($D = (2^* A)/(v * (v - 1).)$, tal que A é o número de aresta e v o número de vértices do grafo), o que o caracteriza como denso, porém por se tratar de uma rede pequena o algoritmo encontrou todas as árvores geradoras mínimas *fuzzy*.

Observando as árvores geradoras do conjunto solução verifica-se que a única diferença entre elas está nas arestas (2,3). e (4,3), sendo que a primeira está na árvore S^1 e a segunda na árvore S^2 . Com relação aos pesos das mesmas, conclui-se: (i). a árvore S^2 possui o menor espalhamento à esquerda (limitante inferior). e o menor modal, podendo ser escolhida pelo usuário que opte por um destes índices; (ii). a árvore S^1 possui o menor espalhamento à direita (limitante superior), podendo ser escolhida pelo usuário que estiver interessado neste índice.

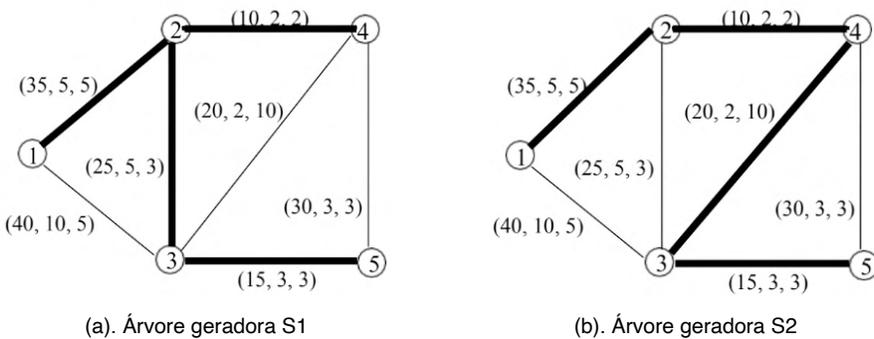


Figura 7. Conjunto final das árvores geradoras mínimas *fuzzy* – Instância 1.

A figura 8 apresenta, resumidamente, como foram obtidas as duas árvores geradoras mínimas ao longo das iterações desta instância.

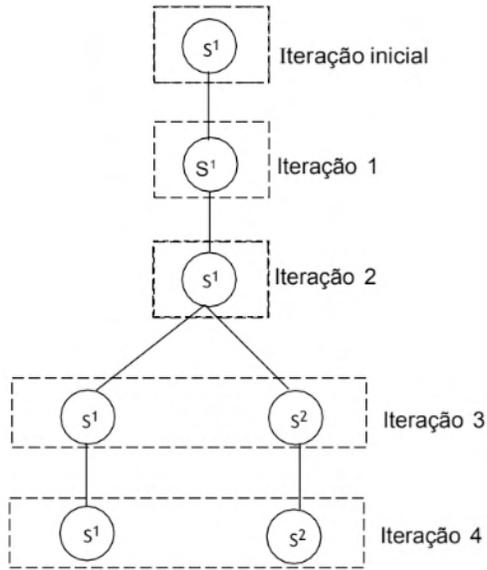


Figura 8. Obtenção das árvores geradoras ao longo das iterações – Instância 1.

4.2 Instância 2

Nesta instância foi considerada uma rede com 6 vértices e 9 arestas de Hernandes et al [8], com densidade de 60%, sendo a aresta (4,5) com peso negativo (Figura 9)..

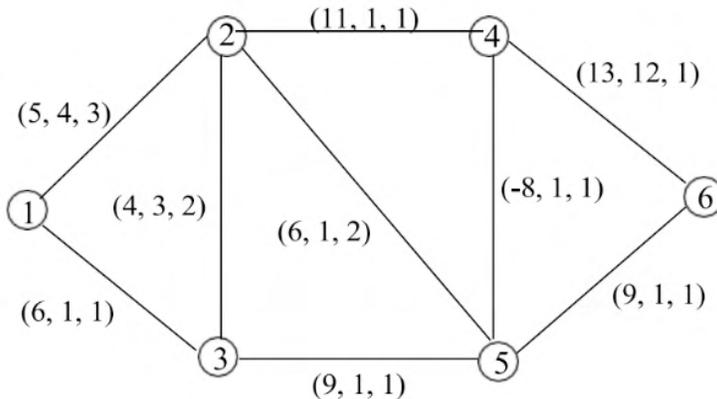


Figura 9. Rede 2 – peso negativo.

Ao executar o algoritmo implementado foi escolhido o vértice 1 como origem, sendo que o mesmo executou 5 iterações, obtendo como solução final um conjunto com quatro árvores geradoras (Figura 10), S^1 , S^2 , S^3 e S^4 , com os pesos (20, 21, 9), (21, 18, 7), (16, 10, 9) e (17, 7, 7), respectivamente.

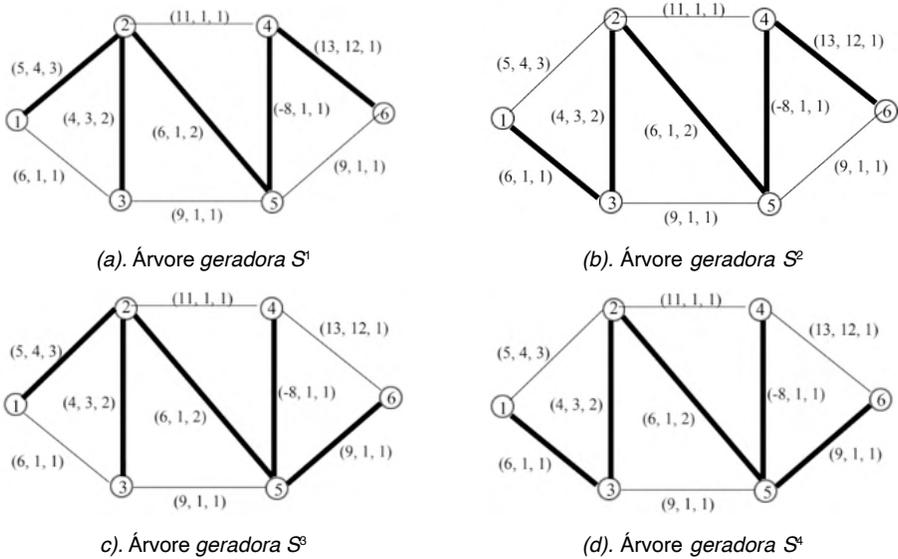


Figura 10. Árvores geradoras mínimas fuzzy obtidas na Instância 2.

No conjunto solução encontrado verifica-se que as arestas (2,3), (2,5) e (4,5) são comuns entre elas, isso se justifica porque a aresta (2,3) é a de menor peso que incide no nó 3, a (2,5) é a de menor peso que une o conjunto formado pelos nós 1, 2 e 3 ao conjunto formado pelos nós 4, 5 e 6. Já a aresta (4,5) está presente em todas as árvores porque é a que possui o menor peso de todas (peso negativo)..

Ao analisar os pesos das árvores do conjunto solução conclui-se: (i). caso o usuário esteja interessado no espalhamento à esquerda (limitante inferior), escolherá a árvore S^1 ; (ii). caso esteja interessado no menor modal, a árvore escolhida será a S^3 ; (iii). caso opte pelo menor espalhamento à direita (menor limitante superior), optará a árvore S^4 .

A figura 11 apresenta como foram obtidas as árvores do conjunto solução ao longo das cinco iterações.

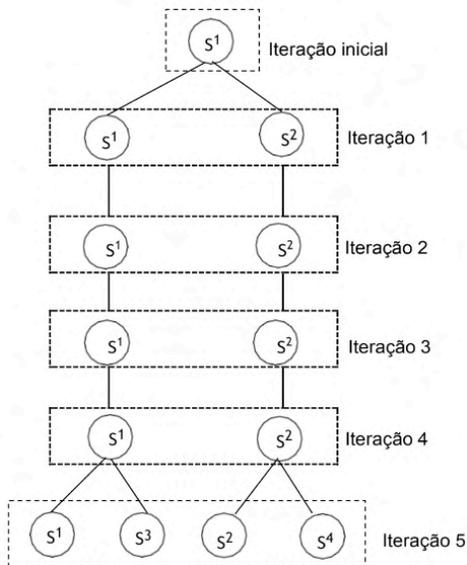


Figura 11. Obtenção das árvores geradoras ao longo das iterações – Instância 2.

4.3 Instância 3

Nesta instância foi executada a Rede Óptica Italiana de Telecomunicações, utilizada em Takahashi e Yamakami [18] (Figura 12), com densidade de 17%, sendo os pesos das arestas as distâncias entre as cidades [36]. Considerando que os dados da rede são reais (*crisp*), utilizou-se estes valores como os modais e um desvio de aproximadamente 10% para definir os espalhamentos à direita e à esquerda.

As tabelas 1 e 2 representam, respectivamente, os vértices, as arestas e seus pesos. Vale destacar que se trata de uma rede não direcionada, portanto as arestas da tabela 2 são válidas para ambos os sentidos.

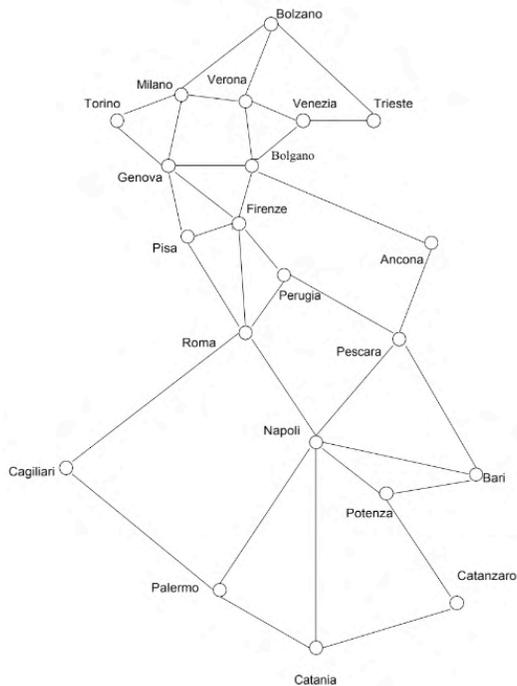


Figura 12. Rede 3 – Rede Óptica Italiana.

Vértice	Cidade
1	Bolzano
2	Milano
3	Verona
4	Trieste
5	Venezia
6	Torino
7	Genova
8	Bolgano
9	Firenze
10	Pisa
11	Ancona
12	Perugia
13	Roma
14	Pescara
15	Napoli
16	Bari
17	Cagliari
18	Potenza
19	Catanzaro
20	Palermo
21	Catania

Tabela 1. Denominação dos vértices da rede italiana.

Aresta	Vértice 1	Vértice 2	Peso
1	1	2	(140 14 14).
2	1	3	(110 11 11).
3	1	4	(210 21 21).
4	2	3	(110 11 11).
5	3	5	(90 9 9).
6	4	5	(85 9 9).
7	2	6	(90 10 10).
8	2	7	(95 10 10).
9	3	8	(95 10 10).
10	5	8	(95 10 10).
11	6	7	(90 9 9).
12	7	8	(130 13 13).
13	7	9	(150 15 15).
14	7	10	(120 12 12).
15	8	9	(55 6 6).
16	8	11	(200 20 20).
17	9	10	(60 6 6).
18	9	12	(110 11 11).
19	9	13	(180 18 18).
20	10	13	(190 19 19).
21	11	14	(130 13 13).
22	12	14	(170 17 17).
23	12	13	(120 12 12).
24	13	17	(460 46 46).
25	13	15	(180 18 18).
26	14	15	(200 20 20).
27	14	16	(270 27 27).
28	15	16	(210 21 21).
29	15	18	(90 9 9).
30	15	20	(310 31 31).
31	15	21	(350 35 35).
32	16	18	(100 10 10).
33	17	20	(420 42 42).
34	18	19	(200 20 20).
35	19	21	(210 21 21).
36	20	21	(150 15 15).

Tabela 2. Tabela dos arcos e custos da rede italiana.

Ao executar o algoritmo proposto foram encontradas duas árvores geradoras mínimas

fuzzy, ambas com o peso (2660, 269, 269), sendo:

- Árvore 1, com as arestas: 2, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 15, 17, 18, 21, 22, 23, 25, 29, 32, 33, 34, 35, 36; e
- Árvore 2, com as arestas: 2, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 15, 17, 18, 21, 22, 23, 25, 29, 32, 33, 34, 35, 36.

Ao analisar o conjunto solução verifica-se que esta rede possui muitas arestas dominadas, o que ocasionou em um conjunto solução com apenas duas árvores geradoras. Além do mais, a diferença está nas arestas 9 e 10, que possuem os mesmos pesos.

Comparando os resultados obtidos com os de Takahashi [26] verifica-se que as arestas que possuem maior grau de pertinência nos algoritmos propostos por Takahashi [26] são as que fazem parte das soluções obtidas neste trabalho, o que podemos concluir que as soluções são idênticas.

5 | CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Neste trabalho foi proposto um algoritmo para o problema da árvore geradora mínima em redes com parâmetros incertos, utilizando a teoria dos conjuntos *fuzzy* para abordar as incertezas. Trata-se de uma adaptação do algoritmo clássico de Prim, seguindo as estratégias de alguns trabalhos de caminho mínimo *fuzzy* [4, 8], que utilizam índices de dominância para tratar as incertezas até a obtenção da solução final.

Embora o algoritmo proposto seja exato, o que pode dificultar sua aplicação em grandes redes, densas e com pouca dominância, este trabalho tem a vantagem de obter um conjunto solução de árvores geradoras, deixando a cargo do usuário, ou da aplicação, a escolha pela opção que interessar. Além do mais, vale destacar que os pesos das redes foram “defuzzificados”, utilizando três índices (valor modal, primeiro índice de Yager [37–39] e índice de Liou e Wang [40] – considerando $\lambda = 0, 5$), e na sequência foi aplicado o algoritmo clássico de Prim, sendo que todas as árvores geradoras encontradas por meio destes índices fizeram parte das soluções encontradas no algoritmo proposto (Seção 4)..

Vale destacar que os trabalhos da literatura que utilizam algoritmos genéticos podem resolver este problema em redes grandes, densas e com pouca dominância, ao contrário deste trabalho que é focado a redes menores e pouco densas.

Como trabalhos futuros pretende-se, além de propor uma ordenação ao conjunto solução do algoritmo proposto, verificar outras formas de ordenação e eliminação dos pesos, bem como abordar o tema via métodos heurísticos, principalmente quando se tratar de grafos densos e com pouca dominância entre as arestas.

REFERÊNCIAS

- [1] ZADEH, L. A. **Fuzzy sets**. *Inform Control*, vol. 8, n. 3, p. 338-353, 1965.

- [2] ZADEH, L. A. **Fuzzy algorithms**. *Inform Control*, vol. 12, n. 2, p. 94-102, 1968.
- [3] ZADEH, L. A. **Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility**. *Fuzzy Set Syst*, vol. 1, n. 1, p. 3-28, 1978.
- [4] OKADA, S.; SOPER, T. **A shortest path problem on a network with fuzzy arclengths**. *Fuzzy Set Syst*, vol. 109, n. 1, p. 129-140, 2000.
- [5] BLUE, M.; BUSH, B.; PUCKETT, J. **Unified approach to fuzzy graph problems**. *Fuzzy Set Syst*, vol. 125, n. 3, p. 355-368, 2002.
- [6] OKADA, S. **Fuzzy shortest path problems incorporating interactivity among paths**. *Fuzzy Set Syst*, vol. 142, n. 3, p. 335-357, 2004.
- [7] NAYEEM, S. M. A.; PAL, M. **Shortest path problem on a network with imprecise edge weight**. *Fuzzy Optim Decis Ma*, vol. 4, n. 4, p. 293-312, 2005.
- [8] HERNANDES, F.; LAMATA, M. T.; VERDEGAY, J. L.; YAMAKAMI, A. **The shortest path problem on networks with fuzzy parameters**. *Fuzzy Set Syst*, vol. 158, n. 14, p. 1561-1570, 2007.
- [9] KHORRAM, E.; KESHAVARZ, E. **A fuzzy shortest path with the highest reliability**. *J Comput Appl Math*, vol. 230, n. 1, p. 204-212, 2009.
- [10] DENG, Y.; CHEN, Y.; ZHANG, Y.; MAHADEVAN, S. **Fuzzy Dijkstra algorithm for shortest path problem under uncertain environment**. *Appl Soft Comput*, vol. 12, n. 3, p. 1231-1237, 2012.
- [11] ELIZABETH, S.; SUJATHA, L. **Fuzzy shortest path problem based on level α -triangular fuzzy numbers**. *Adv Fuzzy Syst*, n. 1, p. 1-6, 2012.
- [12] KIM, K.; ROUSH, F. **Fuzzy flows on networks**. *Fuzzy Set Syst*, vol. 8, n. 1, p. 35-38, 1982.
- [13] CHANAS, S.; KOLODZIEJCZYK, W. **Integer flows in network with fuzzy capacity constraints**. *Fuzzy Set Syst*, vol. 16, n. 1, p. 17-31, 1986.
- [14] HERNANDES, F.; LAMATA, M. T.; TAKAHASHI, M. T.; YAMAKAMI, A.; VERDEGAY, J. L. **An algorithm for the fuzzy maximum flow problem**. *IEEE Int Conf Fuzzy*, vol. 16, n. 1, p. 776-781, 2007.
- [15] KUMAR, A.; KAUR, M. **An improved algorithm for solving fuzzy maximal flow problem**. *International Journal of Applied Science and Engineering*, vol. 10, n. 1, p. 19-27, 2012.
- [16] SHIH, H. -S.; LEE, E. S. **Fuzzy multi-level minimum cost flow problems**. *FuzzySet Syst*, vol. 107, n. 2, p. 159-176, 199.

- [17] TAKAHASHI, M. T.; YAMAKAMI, A. **Um estudo sobre árvore geradora mínima com estrutura do grafo fuzzy.** XXXVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, vol. 1, p. 2278-2285, 2004.
- [18] TAKAHASHI, M. T.; YAMAKAMI, A. **Um estudo sobre árvore geradora mínima com parâmetro fuzzy.** XXXV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, vol. 1, p. 2217-2227, 2003.
- [19] MOHANTY, S. P.; BISUAL, S.; PRADHAN, G. **Minimum spanning tree in fuzzy weighted rough graph.** *Int J Adv Eng Res Dev*, vol. 1, n. 10, p. 23-28, 2012.
- [20] ZHOU, J.; WANG, Q.; ZHANG, X. **The inverse spanning tree of a fuzzy graph based on credibility measure.** *J Commun*, vol. 8, n. 9, p. 566-571, 2013.
- [21] NAYEEM, S. M. A.; PAL, M. **Diameter constrained fuzzy minimum spanning tree problem.** *Int J Comput Int Sys*, vol. 6, n. 6, p. 1040-1051, 2013.
- [22] RAMIRES, J. **Extensiones del problema de coloración de grafos.** Tese de Doutorado. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 2001.
- [23] YÁÑEZ, J.; RAMÍREZ, J. **The robust coloring problem.** *Eur J Oper Res*, vol. 148, n. 3, p. 546-558, 2003.
- [24] MUÑOZ, S.; ORTUÑO, T. RAMÍREZ, J.; YÁÑEZ, J. **Coloración de grafos difusos, aplicación a problemas de planificación de exámenes.** 27 Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa, vol. 1, p. 3512-3518, 2003.
- [25] MUÑOZ, S.; ORTUÑO, T. RAMÍREZ, J.; YÁÑEZ, J. **Coloring fuzzy graphs.** *Omega-Int J Manage S*, vol. 33, n. 3, p. 211-22, 2005.
- [26] TAKAHASHI, M. T. **Contribuições ao estudo de grafos fuzzy: teoria e algoritmos.** Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
- [27] AHUJA, R. K.; MAGNANTI, T. L.; ORLIN, J. B. **Network flows: theory, algorithms and application.** Prentice Hall. New Jersey, 1993.
- [28] DELGADO, M.; VERDEGAY, J. L.; VILA, M. A. **On fuzzy tree definition.** *Eur J Oper Res*, vol. 22, n. 2, p. 243-249, 1985.
- [29] CHUNDE, Y. **On the optimization problem of spanning tree in fuzzy network.** *The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications*, vol. 3, n. 2, p. 22-25, 1996.
- [30] GAO, J.; LU, M. **Fuzzy quadratic minimum spanning tree problem.** *Appl Math Comput*, vol. 164, n. 3, p. 773-788, 2005.
- [31] JANIÁK, A.; KASPERKI, A. **The minimum spanning tree problem with fuzzy costs.** *Fuzzy Optim Decis Ma*, vol. 7, n. 2, p. 105-118, 2008.

- [32] YAO, J. S.; LIN, F. T. **Fuzzy shortest path network problems with uncertain edge weight.** *J Inf Sci Eng*, vol. 19, n. 2, p. 329-351, 2003.
- [33] GONDRAN, M.; MINOUX, M. **Graphs and algorithms.** John Wiley & Sons. New York, 1984.
- [34] DUBOIS, D.; PRADE, H. **Fuzzy sets and systems: theory and applications.** Academic Press. New York, 1980.
- [35] PEDRYCZ, W.; GOMIDE, F. **An introduction to fuzzy sets: analysis and design.** MIT Press. London, 1998.
- [36] ALI, M.; RAMAMURTHY, B.; DEOGUN, J. **Routing and wavelength assignment with power considerations in optical networks.** *Comput Netw*, vol. 32, p. 539-555, 2000.
- [37] YAGER, R. R. **Ranking fuzzy subsets over the unit interval.** *IEEE Decis Contr P*, vol. 17, p. 1435-1437, 1978.
- [38] YAGER, R. R. **On Choosing between fuzzy subsets.** *Kybernets*, vol. 9, p. 151-154, 1980.
- [39] YAGER, R. R. **A procedure for ordering fuzzy subsets of the unit interval.** *In-form Sciences*, vol. 24, n. 2, p. 143-161, 1981.
- [40] LIOU, T. -S.; WANG, M. -J. **Ranking fuzzy numbers with integral interval.** *Fuzzy Set Syst*, vol. 50, n. 2, p. 247-255, 1992.

AVALIAÇÃO DA RUPTURA DE MUROS DE ARRIMO: ANÁLISE E PROJETO DE MUROS DE GRAVIDADE

Data de aceite: 01/02/2022

Data de Submissão: 07/02/2022

Karina Macedo Carvalho

Universidade Estácio de Sá (UNESA).

Rio de Janeiro/RJ

<http://lattes.cnpq.br/8864137247599342>

Elisângela Arêas Richter dos Santos

Universidade do Estado do Rio de Janeiro

(UERJ).

Rio de Janeiro/RJ

<http://lattes.cnpq.br/2687197198246017>

Armando Prestes de Menezes Filho

DSc

Universidade do Estado do Rio de Janeiro

(UERJ).

Rio de Janeiro/RJ

<http://lattes.cnpq.br/2437835320552168>

José Guilherme Santos da Silva

DSc. Universidade do Estado do Rio de Janeiro

(UERJ).

Rio de Janeiro/RJ

<http://lattes.cnpq.br/4422797300106230>

RESUMO: O objetivo principal deste trabalho de pesquisa diz respeito à avaliação dos principais fatores causadores da ruptura e deslizamento de solo em um muro de contenção localizado no bairro Cachambi, na cidade do Rio de Janeiro/RJ. Por meio do acompanhamento visual e relatório fotográfico, constatou-se a falta de drenagem no muro construído, fato que gerou aumento

do empuxo ativo atuante devido à pressão hidrostática. Através do software GEO5, foi gerado uma proposta de dimensionamento de muro de peso/gravidade para o local do estudo. Calculou-se o valor de tensões ativas e passivas, os fatores de segurança para o tombamento, deslizamento e estabilidade global do muro de peso. O solo em questão foi considerado como residual jovem e maduro, tendo em vista sua localização em alto topográfico e seus parâmetros de resistência determinados empiricamente através dos valores mais comuns de peso específico, coesão e ângulo de atrito encontrados em solos residuais. A fim de exemplificar visualmente a atuação de empuxo em estruturas de contenção, os esforços atuantes foram calculados considerando-se as dimensões reais do terreno para a proposta do muro de peso, considerando as sobrecargas de projeto, devido a residência se encontrar presente no terreno a montante da obra de contenção.

PALAVRAS-CHAVE: Muro de contenção / Deslizamento de solo / Muro de gravidade.

RUPTURE ASSESSMENT OF RETAINING WALLS: ANALYSIS AND DESIGN OF GRAVITY WALLS

ABSTRACT: The main objective of this research work concerns the evaluation of the main factors causing rupture and landslide in a retaining wall located at Cachambi, in the city of Rio de Janeiro/RJ. Through visual monitoring and photographic report, it was found the lack of drainage in the retaining wall, a fact that generated an increase in the active thrust due to hydrostatic pressure. Using the GEO5 software, a weight/gravity wall design outline was generated for the study site.

The value of active and passive stresses, the safety factors for toppling, sliding and global stability of the weight wall were calculated. The soil in question was considered as young and mature residual, considering the high topographic location and its resistance parameters empirically determined through the most common values of specific weight, cohesion and friction angle found in residual soils. In order to visually depict the thrust action in containment structures, the active efforts were calculated based on the real dimensions of the land for the layout of the weight wall, considering the project overloads, due to the residence on the upper ground during the containment work.

KEYWORDS: Retaining wall / Landslide / Gravity Wall.

1 | INTRODUÇÃO

O cenário geológico desafiador do Estado do Rio de Janeiro constituiu-se sobretudo em razão das formações de alto grau metamórfico, produto das convergências litosféricas (Orogênese Brasileira), e posterior ruptura do Gondwana Ocidental, que antecedeu à abertura do oceano Atlântico Sul. Em seguida, houve a deposição de camadas sedimentares ocupando algumas bacias do Estado do Rio de Janeiro (p. ex. bacias de Resende, Volta Redonda, Itaboraí, Graben da Guanabara). (CPRM, 2016)..

Considerando-se a expansão antrópica nas cidades situadas em regiões montanhosas, observa-se o aumento da quantidade de habitantes em áreas de instabilidade geológica, em consequência, surgem complicações decorrentes do crescente número de edificações em locais inapropriados, sujeitos aos mais diversos tipos de movimentação de terra (GEORIO, 2014)..

A modificação de componentes naturais (relevo, solo, vegetação e clima). através de intervenções humanas, somadas à predisposição dos terrenos em desenvolver movimentação de massa, ameaça o equilíbrio natural dos sistemas, ocasionando situações de risco humano e colapso ambiental (Polidoro, 2013)..

As estruturas de contenção viabilizam obras de engenharia em locais de topografia irregular, visto que, suportam os empuxos de taludes naturais ou artificiais. Considerando a preservação da segurança, as estruturas de contenção precisam ser dimensionadas de modo que suportem não somente os esforços provenientes do solo e sua respectiva pressão hidrostática, como também uma sobrecarga acidental mínima de 20 kPa (Gerscovich, Danziger e Saramago, 2016; NBR 11682/09)..

Em decorrência dos acidentes envolvendo deslizamentos, este trabalho de pesquisa visa ampliar o conhecimento sobre a estabilidade de taludes, detalhando um caso ocorrido no bairro do Cachambi, zona norte da cidade do Rio de Janeiro. Trata-se de uma análise do processo construtivo de um muro de arrimo de blocos de concreto, onde, após eventos de alto índice pluviométrico, foi identificado o recalque e saturação do solo arrimado, seguido de sucessivas rupturas no muro, acarretando movimentação subsidente de entulho e solo proveniente do terreno adjacente superior (Carvalho, 2020)..

Tendo em mente especialmente a Norma Brasileira Regulamentadora 11682/09, objetivando fundamentar este trabalho de pesquisa sob o ponto de vista técnico, foram analisados e ressaltados os procedimentos prescritos durante a avaliação de estabilidade de taludes e segurança durante a escavação para assentamento de muro de arrimo. Assim sendo, com base no emprego do software GEO5, foi realizado o dimensionamento e análise de estabilidade, de maneira a propor uma alternativa ao muro de arrimo construído, sendo este, um muro de peso capaz de suportar as tensões ativas e passivas oriundas do solo, de modo satisfatório e seguro (NBR 11682/09; GEO5)..

2 I FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Origem dos solos

A origem dos solos é consequência da decomposição das rochas em decorrência dos diferentes tipos de intemperismo: físico, químico ou biológico. Variações de temperatura provocam trincas, permitindo o acesso de água, gerando reações químicas nos minerais constituintes das rochas. O congelamento de água entre as trincas eleva a pressão e gera a fragmentação de blocos. Esse conjunto de processos é potencializado mediante variação de temperatura, onde o curso dos eventos de intemperismo acontece em menor espaço de tempo (de Souza Pinto, 2006)..

Solos residuais (ou autóctones). são formados acima de rochas e permanecem sobrejacentes às mesmas, expandindo sua granulometria até a rocha mãe, elemento de origem do solo residual. Solos sedimentares (ou alotóctones), são compostos pelos materiais terrosos que sofreram a ação de agentes transportadores como: água (chamados aluvionares), vento (eólicos pois sofreram transporte a partir do vento), coluvionares (transportados a partir da gravidade). ou glaciares (através das geleiras). (Caputo, 1967)..

Taludes são designados como superfícies inclinadas de um maciço de solo ou rocha, dispendo da possibilidade de ser um talude natural (encostas). ou construído pelo homem, como os aterros e cortes ilustrados nas Figuras 1 e 2, onde ambos estão sujeitos aos efeitos do intemperismo (Gerscovich, 2016)..

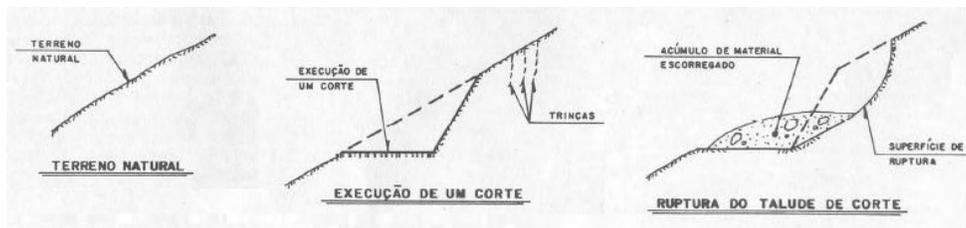


Figura 1 - Terreno natural, corte e ruptura de talude (DER-SP, 1991)..

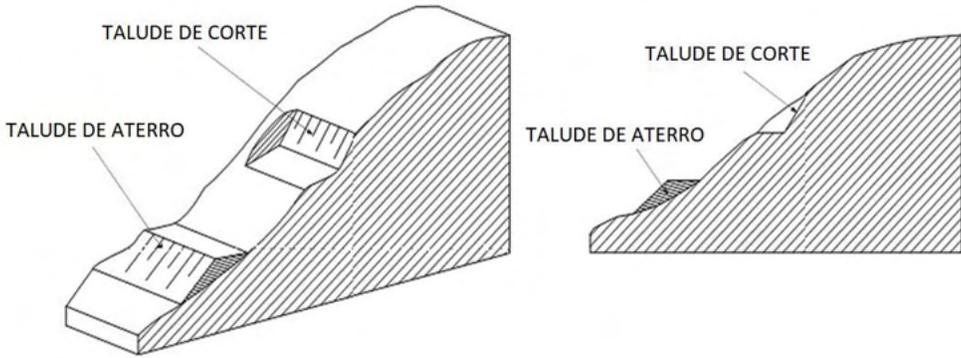


Figura 2 - Talude de corte e aterro (NBR 11682/09)..

2.2 Definição de empuxo

A aplicação das leis de mecânica e hidráulica aos problemas de engenharia que lidam com sedimentos terrosos ou outros materiais não consolidados, advindos da decomposição mecânica ou química das rochas consiste no conceito principal da mecânica dos solos, através das teorias de comportamento dos solos sujeitos a carregamento, baseando-se em suposições simples, aliada a investigação de suas propriedades geomecânicas e aplicação da teoria e conhecimento empírico aos problemas práticos de campo (Terzaghi, 1943)..

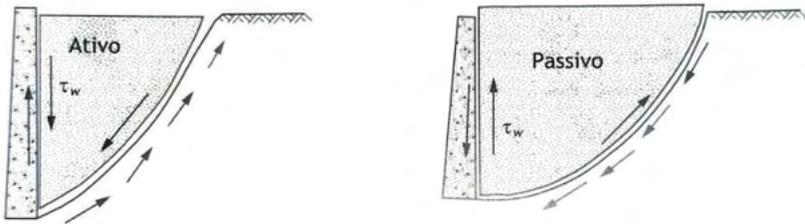


Figura 3 - Esforços cisalhantes ativos e passivos (Gerscovich, Danziger e Saramago, 2016)..

Pode-se citar como principais características geomecânicas do solo, sua resistência ao cisalhamento e coesão, no entanto, a ruptura ocorre devido aos esforços de cisalhamento. A resistência do solo ao referido esforço deve-se ao atrito entre partículas, solos que detêm curvas granulométricas mais bem distribuídas indicam maiores índices de resistência, enquanto solos com baixa diversidade granulométrica são considerados mau graduados e possuem baixos índices de resistência ao esforço cortante. Destacado através da Figura 3, os esforços ativos tendem a causar a desestabilização do sistema, ao passo que, esforços passivos têm por função a estabilização entre o sistema solo-estrutura. Determina-se como resistência ao cisalhamento do solo a máxima tensão que o mesmo pode suportar sem que ocorra a ruptura (de Souza Pinto, 2006; Carvalho, 2020)..

O empuxo de terra é compreendido através da ação horizontal exercida por um maciço de solo direcionado a estrutura de contenção com ele em contato. Obter a magnitude das ações horizontais é fundamental para o equilíbrio entre ações ativas e passivas. A resultante das tensões distribuídas na estrutura de contenção, são decorrentes da interação solo-estrutura, que constituem deslocamentos horizontais que por sua vez, alteram os valores de empuxo e tensões horizontais durante as fases da obra (Gerscovich, Danziger e Saramago, 2016)..

2.3 Movimentação de massa

Entende-se como deslizamento de terra diversos tipos de movimentação descendente de material terroso, rochoso, artificial ou uma combinação destes, na qual, a classificação de Varnes (1978). é a mais utilizada internacionalmente, conforme Figura 4.

Tipo de movimento			Tipo de material		
			Rocha	Solos (engenharia)	
				Predominantemente Grosso	Predominantemente Fino
Quedas (fall)			Queda de rocha	Queda de detritos	Queda de solo
Tombamento (topple)			Tombamento de rocha	Tombamento de detritos	Tombamento de solo
Escorregamento (slide)	Rotacional	Poucas Unidades	Escorregamento em rocha	Escorregamento de detritos	Escorregamento em solo
	Translacional	Muitas Unidades			
Espalhamentos (lateral spread)			Espalhamento de rocha	Espalhamento de detritos	Espalhamento de solo
Corridas (flow)			Corrida de rocha	Corrida de detritos	Corrida de lama
Complexo (complex)			Combinação de dois ou mais tipos principais de movimento		

Figura 4 - Classificação de movimentação de massa (VARNES, 1978)..

Varnes (1978). difere os agentes deflagradores de movimentação de massa em:

Causas geológicas:

Solos fracos em propriedades geomecânicas;

Atuação do intemperismo no material;

Solos que já se encontram naturalmente fissurados;

Descontinuidades devido a heterogeneidade do solo;

Contraste na permeabilidade e/ou rigidez do material.

Causas Morfológicas:

Movimento de placas tectônicas ou atividade vulcânica;

Movimento de calotas polares;

Erosão nas margens devido às ações fluviais ou glaciais;

Erosão subterrânea;

Ação de cargas naturais na inclinação ou na crista do talude;

Remoção de vegetação (pelo fogo, seca).;
Descongelamento;
Ação de congelamento e descongelamento em curto espaço de tempo.

Ações antrópicas:
Escavação do talude ou de sua base;
Carregamento na inclinação ou em sua crista;
Retirada de material;
Desmatamento;
Saturação do solo através de irrigação;
Mineração;
Vibração artificial;
Vazamento de água de abastecimento.

2.4 Cálculo de empuxo

O programa utilizado para o detalhamento geotécnico no presente trabalho dispõe das teorias de Coulomb (1773). e Rankine (1857). para o cálculo de tensões ativas e passivas. O software GEO5 é um conjunto de programas destinados a resolver vários tipos de problemas geotécnicos, básicos (verificação de fundações, muros, estabilidade de taludes), e mais complexos (projeto de túneis, verificação de danos devido à escavação de túneis, estabilidade de taludes rochosos), que se baseia nas normas nacionais (ABNT). e internacionais (Eurocode). (GEO5)..

Cada módulo do GEO5 aborda um tipo específico de construção, neste trabalho foram utilizados os módulos “Muro de Gravidade” para dimensionamento do muro de peso e “Estabilidade de Taludes” para identificar a possível superfície de ruptura do talude (GEO5)..

3 I METODOLOGIA DE ANÁLISE E PROJETO

3.1 Relatório fotográfico

O acompanhamento fotográfico iniciou-se após a primeira ruptura do muro, todos os eventos de ruptura ocorreram logo após intensos episódios de chuva, onde a moradora da residência superior relatou a insegurança que sentia durante os dias de chuva intensa. A Figura 5 representa um esquema gráfico para melhor entendimento do local de estudo.

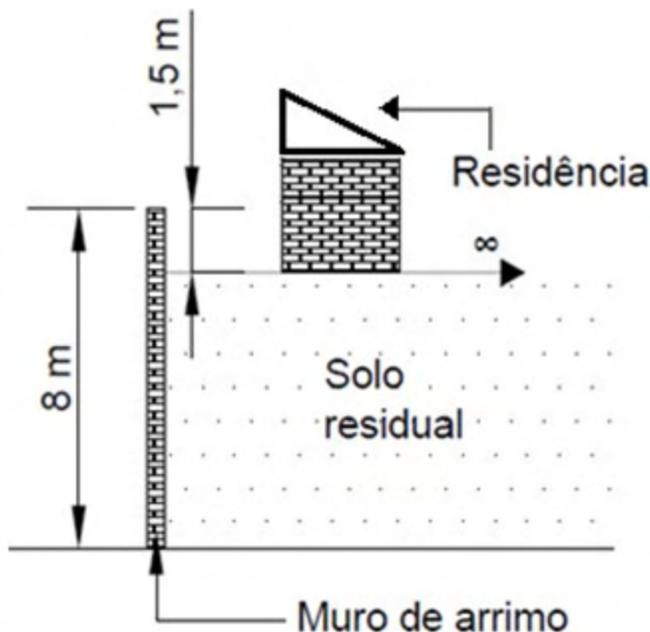


Figura 5 - Representação gráfica do local

(Elaborado pelo autor através do software AutoCAD 2019)..

O solo local foi considerado como residual, a partir de análise tátil-visual, considerando também o fato de que a situação se passa em local de alto topográfico. Valores de peso específico, ângulo de atrito interno e coesão, foram retirados do livro “Contenções: teoria e aplicações em obras.” de Gerscovich, Danziger e Saramago (2016), a partir de valores comuns de parâmetros de resistência encontrados em solos residuais.

Os primeiros registros datam 14 de setembro de 2018, após a primeira ruptura do muro. O muro existente antes do desabamento não contava com sistema de drenagem.

Em casos de necessidade de escavação do terreno natural e reaterro junto ao tardo dos muros de arrimo, a NBR 6182/09 exige que a escavação seja desempenhada de forma que evite a instabilidade no local, executando o reaterro com material adequado e devidamente compactado, além da instalação de sistema de drenagem com filtro, evitando assim o acúmulo de água no tardo do muro, acentuando as tensões decorrentes da poropressão (NBR 6182/09, Carvalho, 2020)..

Observa-se através da Figura 6 o corte irregular do talude, a exposição do solo aos agentes erosivos, desconsiderando os requisitos da NBR 6182/09.



Figura 6 - Talude de corte (Acervo Fotográfico do Autor)..

Data: 14/09/2018.

Estruturas de contenção executadas diretamente na face do talude, como a referida no presente trabalho, devem executar a escavação por módulos, implementando o escalonamento por faixas horizontais e/ou verticais (NBR 6182/09)..

Os sistemas de drenagem têm como finalidade a captação e o direcionamento das águas superficiais, métodos amplamente utilizados conjuntamente às obras de contenção, como forma de dissipação de tensões decorrentes de poropressão (Gerscovich, Danziger e Saramago, 2016)..



Figura 7 - Instalação de barbacãs (Acervo Fotográfico do Autor)..

Data: 14/09/2018.

A Figura 7 indica a instalação de barbacãs no anteparo do muro, porém não foram

observados mecanismos de filtragem, de forma a evitar o acúmulo de solo nos barbacãs.

Conforme observa-se através da Figura 8, existem outras edificações no entorno, em consequência, elevam-se os valores de sobrecarga, influenciando diretamente em tensões horizontais ativas direcionadas à estrutura de contenção (Carvalho, 2020)..



Figura 8 - Muro novamente construído (Acervo Fotográfico do Autor)..

Data: 12/02/2019.



Figura 9 - Novo evento de ruptura (Acervo Fotográfico do Autor)..

Data: 11/03/2019.

Através da Figura 9, observa-se mais um evento de ruptura do muro, ocorrido após eventos de chuva durante a noite anterior ao registro, (como percebe-se através do escoamento de água advinda do terreno).. A moradora da casa em risco relatou ter escutado um barulho estrondoso durante a madrugada.



Figura 10 - Abertura no terreno superior (Acervo Fotográfico do Autor)..

Data: 25/08/2019.

O pior cenário possível foi registrado no dia 25 de agosto de 2019, quando a distância entre o muro e a capa de argamassa presente no terreno atingiu a distância de aproximadamente 1,5m. A distância entre a capa de argamassa e a parede da residência chegou aos 2,5cm e destaca o risco iminente de desabamento da residência, ambas as situações, estão retratadas através da Figura 10.

Diante desse cenário, a residência em risco foi submetida a vistoria da Defesa Civil, onde foi emitido laudo de interdição, alegando indícios de ameaça à integridade física de pessoas e bens.



Figura 11 - Deslizamento de solo e destroços do muro (Acervo Fotográfico do Autor)..

Data: 20/06/2019.

Através da Figuras 11 e 12, nota-se a quantidade de material deslocado através de episódios recorrentes de chuva. Como consequência também, haviam sucessivos eventos de ruptura e deslizamento de solo, acarretando em descalçamento do terreno superior, abertura de fissuras na residência e recalque do terreno.



Figura 12 - Vista do terreno superior (Acervo Fotográfico do Autor)..

Data: 25/08/2019.

3.2 Dimensionamento geotécnico de muro de peso

Através do programa GEO5, foi dimensionado um muro de peso, o primeiro passo é selecionar o tipo de seção transversal e atribuir dimensões ao projeto. A seção transversal selecionada é trapezoidal e possui as dimensões descritas na Figura 13 (GEO5)..

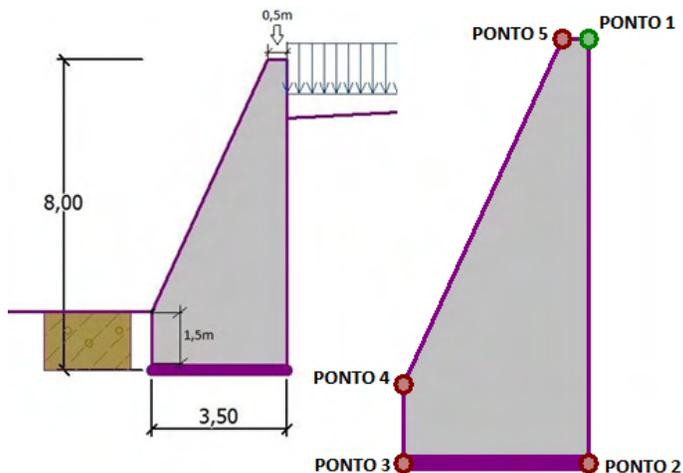


Figura 13 - Identificação dos pontos e dimensões do muro.

(Elaborado pelo autor através do GEO5)..

Após a inserção da geometria, atribui-se ao projeto o material que irá compor a estrutura do muro, utilizou-se concreto simples sem armadura, de peso específico $\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$, conforme a Figura 14.

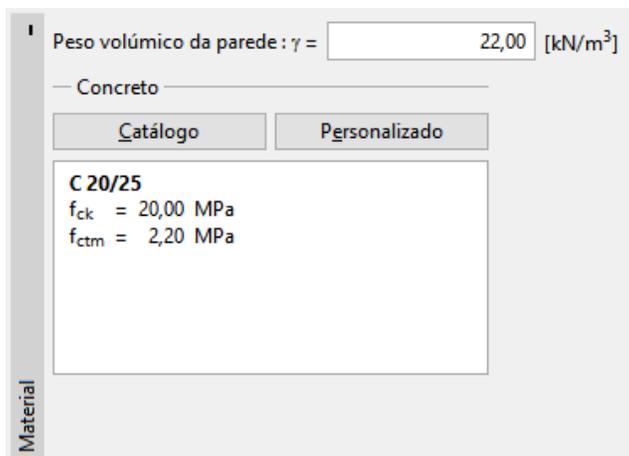


Figura 14 - Características do material (Elaborado pelo autor através do GEO5).!

Na etapa seguinte, atribui-se os parâmetros de resistência às camadas do solo, inseridos no programa conforme a Figura 15.

Solo Residual Maduro

Peso específico :	$\gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$
Estado de tensão :	efetivo
Ângulo de atrito interno :	$\varphi_{ef} = 21,00^\circ$
Coesão do solo :	$c_{ef} = 10,00 \text{ kPa}$
Ângulo de atrito estru.-solo :	$\delta = 0,50^\circ$

Solo Residual Jovem

Peso específico :	$\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
Estado de tensão :	efetivo
Ângulo de atrito interno :	$\varphi_{ef} = 28,00^\circ$
Coesão do solo :	$c_{ef} = 3,00 \text{ kPa}$
Ângulo de atrito estru.-solo :	$\delta = 0,50^\circ$



Figura 15 - Parâmetros de resistência dos solos (Elaborado pelo autor através do GEO5)..

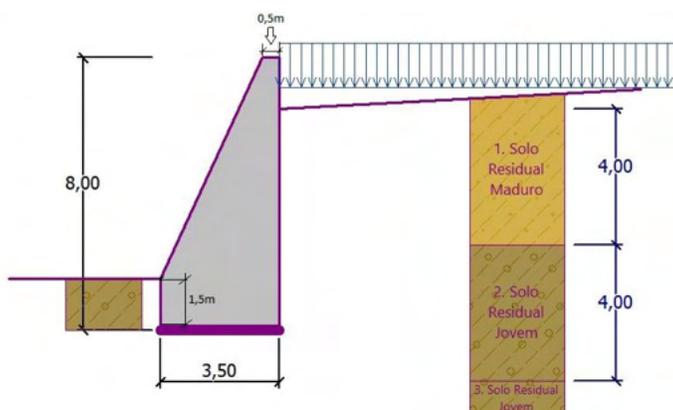


Figura 16 - Camadas de solos residuais (Elaborado pelo autor através do GEO5)..

Foram atribuídas às camadas, os parâmetros de resistência específicos para cada solo, residual e maduro, conforme as camadas ilustradas na Figura 16. Valor da sobrecarga inserido $q = 20 \text{ kN/m}^2$; profundidade do terreno abaixo do topo do muro = 1,5m e inclinação do terreno $\beta = 3^\circ$.

4 | DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Considerando-se o relato fotográfico detalhado apresentado neste trabalho de pesquisa, baseando-se em conceitos de movimentação de massa e seus agentes deflagradores, nota-se que os preceitos da Norma Brasileira Regulamentadora 11682/09 de Estabilidade de Taludes, claramente não foram integralmente executados durante o

início e ao decorrer da obra, o que baseia a afirmação de que as condutas acarretaram nos eventos de ruptura e deslizamento de terra, expondo ao risco os moradores da casa sobrejacente ao maciço terroso.

Os cálculos através do GEO5 evidenciaram valores aproximados de tensão proveniente do solo, com parâmetros de resistência comuns em solos residuais. Os testes realizados no software foram satisfatórios nos fatores de segurança calculados. Foram realizadas verificações quanto ao tombamento, deslizamento e estabilidade global do muro proposto, conforme identifica-se na Figura 17. Determinou-se as tensões verticais e horizontais do muro de peso, representadas através da Figura 18 (GEO5)..

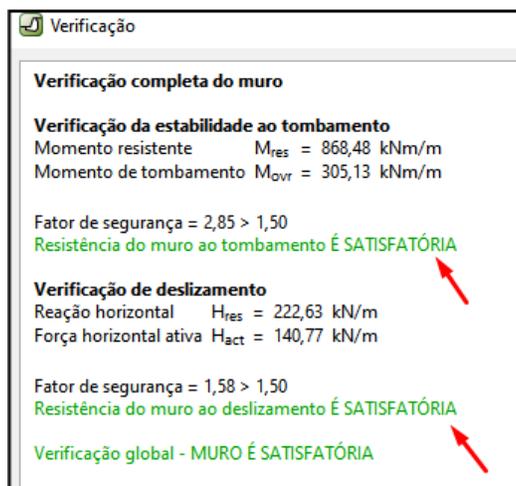


Figura 17 - Resultados obtidos (Elaborado pelo autor através do GEO5)..

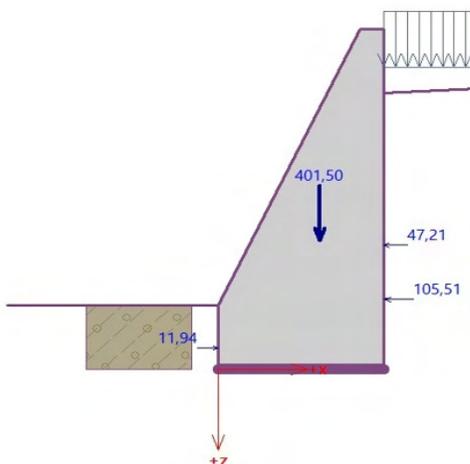


Figura 18 - Tensões verticais e horizontais (Elaborado pelo autor através do GEO5)..

A Figura 19 representa o muro de gravidade proposto através deste trabalho de pesquisa em uma representação 3D, modelagem extraída do módulo “estabilidade de taludes” no programa GEO5. A possível superfície de ruptura do talude foi calculada no mesmo módulo, indicada na Figura 20 e resultados detalhados, conforme métodos de Bishop, Fellenius/Petterson, Spencer, Janbu e Morgenstern-Price indicados na Figura 21.

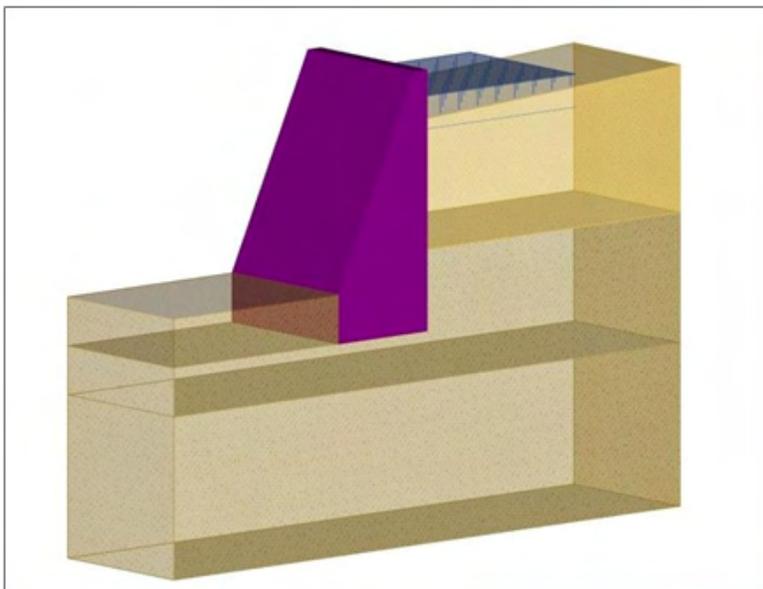


Figura 19 - Representação tridimensional do muro de peso.
(Elaborado pelo autor através do GEO5)..

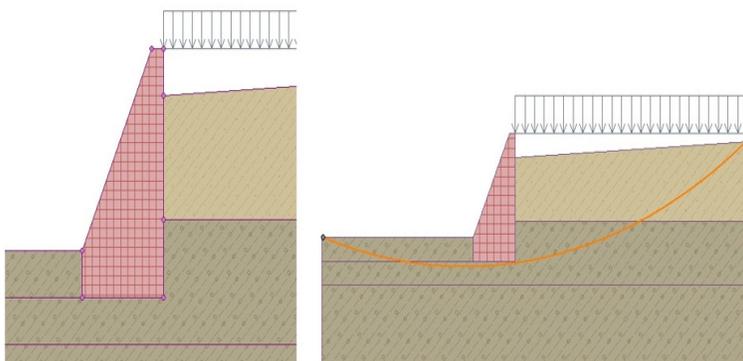


Figura 20 - Possível superfície de ruptura.
(Elaborado pelo autor através do GEO5)..

Resultados detalhados		
Verificação da estabilidade de talude (Todos os métodos)		
Bishop :	FS = 1,76 > 1,50	VERIFICA
Fellenius / Petterson :	FS = 1,52 > 1,50	VERIFICA
Spencer :	FS = 1,76 > 1,50	VERIFICA
Janbu :	FS = 1,76 > 1,50	VERIFICA
Morgenstern-Price :	FS = 1,76 > 1,50	VERIFICA

Figura 21 - Verificação da estabilidade do talude
(Elaborado pelo autor através do GEO5)..

5 | CONCLUSÕES

As alterações executadas através da sociedade ao meio físico natural resultam em profundas transformações na estrutura e no comportamento dos sistemas ambientais, no entanto, as adversidades decorrentes de alterações às características naturais dos terrenos são notórias, sobretudo, em locais de vulnerabilidade social, como o local objeto deste estudo pode ser caracterizado.

Inicialmente, ressalta-se que o objetivo principal deste trabalho de pesquisa consiste em avaliar os principais fatores causadores da ruptura e deslizamento de solo em um muro de contenção situado no bairro do Cachambi, na cidade Rio de Janeiro/RJ. Com base no desenvolvimento deste estudo tornou-se possível destacar condutas relevantes e essenciais durante a execução de um muro de arrimo, especialmente quando a obra envolve riscos ao entorno, de acordo com o caso de projeto investigado.

Os sucessivos eventos de deslizamento não apresentaram superfície de ruptura bem delimitada, e são, sobretudo, resultado de ações antrópicas e naturais, como: a escavação do talude e/ou de sua base, carregamento na crista do talude, retirada de material e saturação do solo (através de precipitação)..

No que tange ao dimensionamento do muro de peso analisado nesta investigação, cabe ressaltar que os resultados são bastante satisfatórios. Todavia, o volume de concreto utilizado pode vir a ser oneroso para o custo final da obra. Desta maneira, tendo em mente a economia de custos globais do projeto (volume de concreto), outra alternativa a ser estudada seria a de optar pelo projeto de um muro de concreto armado, fato que, conforme própria natureza do sistema, reduziria a área de seção transversal do muro, minimizando a quantidade do concreto utilizado.

REFERÊNCIAS

ABNT, NBR. 11682. **Estabilidade de Encostas**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 2009.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações; exercícios e problemas recebidos**. LTC, 1967.

CARVALHO, Karina. **Análise de Ruptura em Muro de Arrimo - Proposta de Dimensionamento de Muro de Peso**. Orientador: Prof. Dr. Armando Prestes de Menezes Filho. Monografia (Graduação). - Engenharia Civil, Universidade Estácio de Sá (UNESA).. Rio de Janeiro. 67p. 2020.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Geologia e recursos minerais do Estado do Rio de Janeiro**: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais. / Monica Heilbron, Luiz Guilherme do Eirado, Julio Almeida Orgs. - Belo Horizonte. 184p. 2016.

DER-SP - Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo. **Manual de Taludes de Rodovias Orientação para Diagnóstico e Soluções de Seus Problemas**. 206p. São Paulo, 1991.

DE SOUSA PINTO, Carlos. **Curso básico de Mecânica dos Solos**. Oficina de Textos, 353p. 2016.

GEO5. **Software Geotécnico** - Estabilidade de Taludes (versão 2022.22).; Muro de Gravidade (versão 2022.23)..

GEO-RIO. **Manual Técnico de Encostas**, volume I. Prefeitura do Rio de Janeiro. 518p. Edição de 2014.

GERSCOVICH, Denise MS. **Estabilidade de Taludes** (2ª edição).. Oficina de textos, 192p. 2016.

GERSCOVICH, Denise; SARAMAGO, Robson; DANZIGER, Bernadete Ragoni. **Contenções: teoria e aplicações em obras**. Oficina de Textos, 319p. 2019.

POLIDORO, Maurício et al. **Identificação de áreas suscetíveis a expansão urbana utilizando carta de fragilidade ambiental**. Geotecnia, n. 129, p. 03-16, 2013.

TERZAGHI, Karl. **Theoretical Soil Mechanics**, John Wiley and Sons, New York, 510p. 1943.

VARNES, David J. **Slope movement types and processes**. In: Schuster RL, Krizek RJ (eds). Landslides, analysis and control, special report 176: Transportation research board, National Academy of Sciences, Washington, DC. 4p.1978.

O USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA DELIMITAÇÃO DE ÁREA ÚMIDA E ENTORNO PROTETIVO, CONFORME LEGISLAÇÃO PARANAENSE, EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA EXPERIMENTAL

Data de aceite: 01/02/2022

Data de submissão: 12/11/2021

Ana Paula Marés Mikosik

Universidade Federal do Paraná
Curitiba-PR

<http://lattes.cnpq.br/0439844668515517>

Eduardo Vedor de Paula

Universidade Federal do Paraná
Curitiba-PR

<http://lattes.cnpq.br/3566556553832046>

RESUMO: No estado do Paraná foi aprovada, em 2008, a Resolução Conjunta IBAMA/SEMA/IAP n° 005, a qual define critérios geopedológicos para a avaliação das áreas úmidas e dos seus entornos protetivos. No presente trabalho foi selecionada uma bacia hidrográfica, localizada em Antonina (PR), para ser utilizada como estudo de caso na elaboração de procedimentos metodológicos necessários à delimitação da área úmida e seu entorno protetivo, de modo a subsidiar a aplicação da resolução mencionada. Para tanto, foram utilizadas geotecnologias nas diferentes etapas de coleta, processamento e representação dos resultados. O MDT (Modelo Digital do Terreno), hidrologicamente consistido foi confeccionado a partir de dados topográficos levantados em campo e dados extraídos de cartas topográficas. Paralelamente, foram realizados levantamentos pedológicos, visando à coleta de amostras de solos destinadas à análise granulométrica. A integração dos dados dos

levantamentos pedológicos ao MDT possibilitou espacializar o regime hídrico dos solos da bacia hidrográfica. Os solos hidromórficos e semi-hidromórficos corresponderam à área úmida, enquanto que nos solos não-hidromórficos foi delimitado o entorno protetivo. Para esta última delimitação consideraram-se as texturas dos solos e as declividades das vertentes representativas da área de estudo. Assim, a área úmida compreendeu 1,94 ha e o entorno protetivo correspondeu a 5,45 ha com larguras de 50m, 60m e 70m. Acredita-se que os procedimentos detalhados nesse estudo possam auxiliar no processo de delimitação das áreas úmidas e entornos protetivos do estado do Paraná, a fim de contribuir para a aplicação da legislação em análise.

PALAVRAS-CHAVE: Resolução Conjunta IBAMA/SEMA/IAP n° 005, Áreas de Preservação Permanente e Conservação Ambiental.

THE UTILIZATION OF
GEOTECHNOLOGIES FOR THE
DELIMITATION OF WETLANDS AND
THEIR PROTECTIVE SURROUNDINGS,
AS PER PARANA'S LEGISLATION, IN AN
EXPERIMENTAL HYDROGRAPHIC BASIN

ABSTRACT: The Joint Resolution IBAMA/SEMA/IAP nr. 005 was approved in the State of Paraná, in 2008. It defines geopedological criteria for the evaluation of the wetlands and their protective surroundings. In the present work we selected an hydrographic basin, located in Antonina, Paraná, to be used as a case study about the creation of methodological procedures needed to delimit the wetlands and their protective surroundings,

to give way to the enforcement of the above mentioned Resolution. To achieve that, we utilized geotechnologies over the different steps of collection, processing and representation of the results. The hydrologically consistent TDM (Terrain Digital Model). was created from topographic data surveyed in the field and data extracted from topographic charts. At the same time we carried out pedological surveys, collecting soil samples for granulometry analysis. The integration of the pedological surveys data with the TDM allowed us to a special view of the hydric regimen of the hydrographic basin Hydromorphic and semi-hydromorphic soils correspond to the wetlands, while the protective surroundings consisted of non-hydromorphic soils. For this last delimitation we took in consideration soil textures and the incline of the slopes in the study areas Thus, wetlands correspond to 1.94 ha and the surroundings to 5.45 ha, with widths of 50, 60 and 70 metres. We believe that the procedures detailed in this study may help in the delimiting process of the wetlands and protective surroundings in the State of Paraná thus contributing to the enforcement of the legislation at hand.

KEYWORDS: Joint Resolution IBAMA/SEMA/IAP nr. 005 Permanent Preservation Area and Environmental Conservation

INTRODUÇÃO

Em 1971, foi realizada no Irã, a Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional, também conhecida como Convenção de Ramsar, que definiu as áreas úmidas como “pântano, charco, turfa ou água, natural ou artificial, permanente ou temporária, com água estagnada ou corrente, doce, salobra ou salgada, incluindo áreas de águas marítimas com menos de seis metros de profundidade na maré baixa” (RAMSAR, 2012)..

O estado do Paraná, anteriormente à implantação da mais recente versão da Lei Florestal Brasileira, aprovou a Resolução Conjunta IBAMA/SEMA/IAP n° 005 (PARANÁ, 2008), a qual adotou critérios geopedológicos (regime hídrico, textura dos solos e declividade do relevo). para a avaliação das áreas úmidas e dos seus respectivos entornos protetivos, além de normatizar a sua conservação e estabelecer condicionantes para as atividades permissíveis.

Em 2012, a Lei Florestal Brasileira, correspondente à Lei n° 12.727 (BRASIL, 2012), elucidou que as superfícies terrestres inundadas por água e com a presença original de vegetação correspondem às áreas úmidas brasileiras. Nessa mesma lei, essas áreas foram destinadas à preservação permanente.

Recentemente, no Paraná, foi homologado o Decreto n° 10.266 de 19 de fevereiro de 2014 (PARANÁ, 2014), que determinou a presença de vegetação, como condição necessária à preservação permanente das áreas úmidas.

Essa breve exposição demonstrou as definições e direcionamentos (conservação/ preservação e/ou atividades permissíveis). das áreas úmidas em escala global, nacional e estadual. Entretanto, apesar desse avanço teórico-legal, estima-se que dos 570 milhões de hectares referentes às áreas úmidas da superfície terrestre, houve uma redução de 50% dessas áreas nos últimos 100 anos, devido ao uso inadequado, exemplificados pelo

aterramento e drenagem artificiais para fins agrícolas ou urbanos (MALTCHIK, 2003; BRADY e WEIL, 2013)..

No que se refere ao território brasileiro deve-se citar o Programa Nacional de Aproveitamento de Várzeas Irrigáveis (Pró-Várzeas), implementado durante a década de 1980, inclusive no estado do Paraná. Este programa teve como objetivo a conversão das áreas úmidas em ambientes destinados à produção alimentícia (BARBOSA FILHO, 1987).. Segundo DIEGUES (2002). a adoção dessa prática é uma das principais formas de degradação das áreas úmidas.

Macedo (2009). estimou a partir dos dados de Fowler (2006), que 5,25% do território brasileiro, equivalente a 44,7 milhões de hectares de áreas úmidas, foram descaracterizados pelas alterações ocasionadas por drenagens e/ou pelo cultivo de olerícolas, rizicultura e cana-de-açúcar.

Essa exposição demonstrou que as definições e direcionamentos relativos às áreas úmidas, não foram suficientes para garantir o uso adequado e a preservação dos seus processos ecológicos. Por isso, faz-se necessário analisar essas áreas a partir de critérios utilizados no processo de delimitação das mesmas.

A Resolução Conjunta IBAMA/SEMA/IAP n° 005 (PARANÁ, 2008). adotou critérios fundamentados na geomorfologia (declividade do relevo). e na pedologia (regime hídrico e textura dos solos). para avaliar as áreas úmidas e seus entornos protetivos.

Apesar da definição dos critérios mencionados acima, tal resolução não estabeleceu os procedimentos metodológicos necessários para identificar e delimitar as áreas úmidas. Acredita-se que a ausência desses procedimentos comprometeu a aplicação da legislação em território paranaense.

Partindo dessa perspectiva, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver procedimentos metodológicos, por meio do uso de geotecnologias, necessários à delimitação de áreas úmidas e seus entornos protetivos, de modo a subsidiar a aplicação da Resolução Conjunta IBAMA/SEMA/IAP n° 005, de 28 de março de 2008 (PARANÁ, 2008)..

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

O estudo foi realizado em uma bacia hidrográfica de 20,52 ha de extensão, localizada no município de Antonina, litoral do estado do Paraná. Esta bacia hidrográfica contempla uma planície de inundação circundada por colinas e morros. Configuração que favorece a concentração do fluxo hídrico advindo das adjacências para a sua porção central. Esse relevo abaciado configura-se no ambiente característico de uma área úmida, pois possui elevados níveis de saturação hídrica, os quais possibilitam a existência da vegetação hidrófila *Typha dominguensis*, conhecida popularmente como taboa. De acordo

com SANTOS *et al*, (2009), nessa área úmida foi constatada a presença dos Gleissolos Háplicos, característicos de ambientes hidromórficos, enquanto que nas colinas e morros foram encontrados Cambissolos Háplicos.

Deste modo, as formas de relevo, influenciadas pelo lençol freático, em conjunto com às características pedológicas, condicionam o regime hídrico dos solos. Justamente por isso, os solos da bacia hidrográfica estudada foram compartimentados em saturados, semi e não saturados (CURCIO, 2006)..

Levantamento Geodésico e Topográfico

Com o intuito de mapear de forma precisa o regime hídrico dos solos da bacia estudada, foi necessário realizar um detalhado levantamento topográfico, já que as cartas topográficas existentes para a área de estudo correspondem à escala de 1:25.000, apresentando reduzida amplitude altimétrica na porção onde se localiza área úmida e do seu entorno imediato.

Entretanto, em virtude da inexistência de marco geodésico cadastrado e reconhecido pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), fez-se necessário realizar, primeiramente, o levantamento geodésico, objetivando utilizá-lo na orientação (georreferenciamento). do levantamento topográfico.

Assim sendo, o levantamento topográfico foi efetuado com a *Estação Total Leica - T S02 Power 7*, em poligonal aberta com irradiações para o adensamento. Já para a orientação dessa poligonal foi utilizado o ponto de referência, obtido no levantamento geodésico, e amarração por meio do traçado da rodovia, segundo NBR 13133 (1994)..

Modelo Digital do Terreno (MDT). Hidrologicamente Consistido

Conforme citado anteriormente, o maior esforço amostral do levantamento topográfico ocorreu nas porções mais baixas da bacia hidrográfica, devido à indisponibilidade de dados em escala de detalhe. Sendo que, para os morros e colinas do entorno da área, os dados utilizados foram extraídos das cartas topográficas em escala original de 1:25.000.

O MDT hidrologicamente consistido foi elaborado com resolução de 1 m², por meio da ferramenta *Topo to Raster* (TARBOTON, 2005). disponível no software *ESRI ArcGIS 10*, a partir dos dados cartográficos e topográficos. A combinação desses dados objetivou a obtenção de uma representação satisfatória da área úmida e do seu entorno.

A escolha do módulo para a interpolação do MDT foi fundamentada no trabalho desenvolvido por Hutchinson (1989), o qual consiste em criar um MDT hidrologicamente consistido. Neste método os vetores da rede hidrográfica da área de estudo atuaram como *breaklines*, ou seja, durante a interpolação representaram as mudanças direcionais da inclinação da superfície (FALCÃO, 2012)..

Tendo como base o MDT, foi possível analisar as cotas altimétricas da bacia

hidrográfica, com o intuito de identificar e delimitar as (quatro). vertentes representativas. Além disso, ele também subsidiou a elaboração do mapa de declividade, confeccionado por meio da ferramenta do *Spatial Analyst/Surface/Slope* do software *ESRI ArcGIS 10*. Esse mapa foi obtido em porcentagem e as classes de declividade adotadas foram 0 – 8%, 8 – 20%, 20 – 45%, > 45% (PARANÁ, 2008).. Posteriormente, foi calculada a classe de declividade predominante em cada uma das vertentes citadas.

Levantamento de Solos

Os levantamentos dos solos foram realizados com o intuito de se identificar o regime hídrico dos mesmos. Para tanto, foram realizadas coletas com o auxílio do trado holandês, tendo como critério a profundidade na qual era identificada a presença ou a ausência da hidromorfia.

Os solos hidromórficos foram identificados dentro de 50 cm a partir da superfície, pelas cores acinzentadas (horizontes glei). e/ou cores pretas resultantes do acúmulo de matéria orgânica. Os solos não-hidromórficos foram determinados pela ausência de gleização, dentro de 1 m a partir da superfície. Nos solos semi-hidromórficos, a identificação foi baseada na presença de hidromorfia, entre os 50 cm a 1 metro, a partir da superfície do solo (RESENDE *et al*, 2007, PARANÁ, 2008)..

No primeiro levantamento de solos foi estabelecida uma topossequência de 8 pontos amostrais, com seção de profundidade de 1 m, definidas conforme as variações topográficas, em uma vertente representativa da bacia hidrográfica.

Em outros dois levantamentos de campo foram realizadas tradagens de 19 pontos amostrais, para detectar a ocorrência da hidromorfia, objetivando a identificação das cotas de transição entre os ambientes hidromórficos, semi-hidromórficos e não-hidromórficos, bem como para realizar a coleta do horizonte B desses solos, visando à determinação de suas texturas, por meio de análise granulométrica.

Aplicação da Resolução

A Resolução Conjunta IBAMA/SEMA/IAP n° 005 baseou-se na concepção de regime hídrico dos solos para avaliar as áreas úmidas e seus entornos protetivos. Desta forma, as áreas úmidas foram definidas como o segmento de paisagem constituído por solos hidromórficos, ou seja, o solo naturalmente originado pela presença de água subsuperficial, geralmente, dentro de 50 cm a partir da superfície (PARANÁ, 2008)..

Todavia, a categoria referente aos solos semi-hidromórficos não foi definida no escopo da resolução, constituindo numa lacuna. Devido a essa lacuna e com base na sua gênese, entende-se que os solos semi-hidromórficos devem ser incorporados às áreas úmidas, por possuírem características típicas de ambientes sujeitos à encharcamento.

Nessa mesma resolução, além dos critérios estabelecidos para as áreas úmidas, também foi definido o seu entorno protetivo. Este consiste numa faixa marginal à área úmida, constituída por solos não-hidromórficos, ou seja, solos caracterizados pela ausência de saturação por água, dentro de 1 m a partir da superfície. Essa faixa localizada adjacente à área úmida possui largura estabelecida, localmente pela declividade do relevo e textura do solo, de acordo com a Tabela 1 (PARANÁ, *Op. Cit.*).

O roteiro metodológico com os procedimentos necessários à aplicação da Resolução Conjunta IBAMA/SEMA/IAP nº 005 (PARANÁ, 2008). podem ser obtidos em Paula, *et. al.* (2014), sendo que em Marés Mikosik (2015). esses mesmos procedimentos foram aprimorados.

Declividade (%)	Largura do entorno protetivo (m)		
	Textura argilosa	Textura média	Textura arenosa
0 - 8 %	50	50	50
8 - 20 %	50	60	70
20 - 45 %	70	80	90
> 45 %	Área de preservação permanente		

Tabela 1 - Critérios para Delimitação do Entorno Protetivo.

Fonte: PARANÁ (2008)..

RESULTADOS

Análise do Relevo

A partir do levantamento topográfico foi gerado o mapa topográfico com os 579 pontos coletados na área de estudo. Do total, 295 pontos estão concentrados no ambiente referente à área úmida, caracterizado pela presença dos solos hidromórficos e semi-hidromórficos, enquanto que os demais pontos encontram-se distribuídos no entorno imediato à área úmida, no ambiente concernente aos solos não-hidromórficos.

Na área úmida, correspondente à porção abaciada do relevo, caracterizada por altitudes inferiores ou próximas a 20 m, os solos tendem a permanecer saturados d'água por períodos prolongados. Em virtude dessa característica há o predomínio do processo hidromórfico e, justamente por isso, ocorre à presença de solos hidromórficos e semi-hidromórficos. Nos morros e colinas, situados entre 20 e 50 m de altitude, ocorrem exclusivamente solos não-hidromórficos.

Com relação à declividade da bacia estudada foi constatada que as classes de 0 – 8% e 8 – 20%, somam 46,68% da área total e são observadas em relevos planos e/ou suave ondulados, com a presença de solos hidromórficos e semi-hidromórficos. Enquanto

que as classes de declividade 20 – 45% e > 45%, totalizam 53,21%, e representam as colinas e os morros compostos por solos não-hidromórficos.

Ademais foi possível identificar a declividade predominante em cada uma das quatro vertentes representativas da bacia hidrográfica. De tal forma que na vertente A ocorre o predomínio de declividade entre 8 a 20%; na vertente B a classe predominante compreendeu as declividades entre 0 a 8%, enquanto que nas vertentes C e D as declividades abrangem entre 20 a 45%.

Regime Hídrico dos Solos

Os 27 pontos amostrais obtidos nos levantamentos de solos foram classificados em solos hidromórficos, semi-hidromórficos e não-hidromórficos. A gleização e as ocorrências de mosqueados foram registrados em 14 pontos amostrais, sendo que em 6 pontos foram identificados os solos hidromórficos e os outros 8 pontos em solos semi-hidromórficos. Os 13 pontos restantes corresponderam aos solos não-hidromórficos.

Os pontos amostrais citados foram analisados conjuntamente ao MDT hidrologicamente consistido, a fim de se delimitar espacialmente o regime hídrico dos mesmos na bacia, o qual está representado na Figura 2.

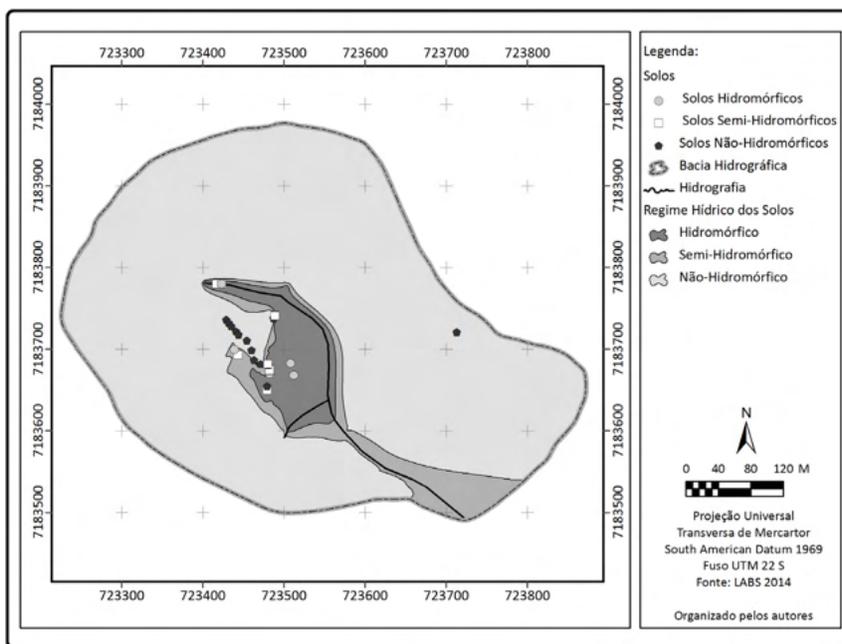


Figura 1 - Regime Hídrico dos Solos com ênfase nos Pontos Amostrais.

Fonte: Marés Mikosik (2015)..

Do total de 20,52 ha da bacia hidrográfica, o regime hídrico referente aos solos não-hidromórficos compreendeu 17,81 ha, equivalente a 86,79% da área total. Nos solos hidromórficos e semi-hidromórficos verificou-se a mesma extensão de 1,35 ha para cada regime hídrico. Deste modo, o ambiente hidromórfico da bacia hidrográfica abrangeu 2,71 ha, correspondente a 13,22% do total da área de estudo.

Delimitação da Área Úmida e Entorno Protetivo

Conciliando o MDT hidrologicamente consistido e o regime hídrico de 27 pontos representativos de solos, foi possível delimitar a área úmida. Para tanto, a altitude obtida no MDT foi subtraída pela profundidade de identificação da hidromorfia. Como resultado obteve-se a altitude das características hidromórficas: gleização e ocorrências de mosqueados, conforme Tabela 2. No caso específico dos solos não-hidromórficos foi adotada a profundidade de 1 m, considerando-se que a mesma refere-se ao critério utilizado para a identificação desse tipo de solo. Nos demais solos utilizou-se a profundidade obtida em campo. Devendo-se salientar que nos solos hidromórficos, quando a hidromorfia foi encontrada em superfície, utilizou-se a profundidade de 0 m.

Pontos Amostrais	Altitude (m)	Regime Hídrico	Profundidade (m) da Hidromorfia	Altitude (m) da Gleização
1	18,84	Não-Hidromórfico	1	17,84
2	18,33	Semi-Hidromórfico	0,92	17,41
3	16,56	Hidromórfico	0	16,56
4	16,03	Hidromórfico	0,2	15,83
5	16,03	Semi-Hidromórfico	0,5	15,53
6	16,02	Hidromórfico	0	16,02
7	28,95	Não-Hidromórfico	1	27,95
8	21,78	Não-Hidromórfico	1	20,78
9	21,17	Não-Hidromórfico	1	20,17
10	20,82	Não-Hidromórfico	1	19,82
11	20,83	Não-Hidromórfico	1	19,83
12	20,78	Não-Hidromórfico	1	19,78
13	20,87	Não-Hidromórfico	1	19,87
14	20,22	Não-Hidromórfico	1	19,22
15	18,06	Não-Hidromórfico	1	17,06
16	20,39	Não-Hidromórfico	1	19,39
17	18,06	Hidromórfico	0	18,06
18	16,28	Hidromórfico	0,08	16,20
19	18,20	Semi-Hidromórfico	0,8	17,40
20	18,19	Semi-Hidromórfico	0,5	17,69
21	16,91	Hidromórfico	0,2	16,71
22	16,87	Não-Hidromórfico	1	15,87
23	18,40	Não-Hidromórfico	1	17,40
24	17,92	Hidromórfico	0,2	17,72
25	17,98	Semi-Hidromórfico	0,7	17,28
26	18,38	Semi-Hidromórfico	0,78	17,60
27	21,09	Hidromórfico	0,36	20,73

Tabela 2 - Altitude da Gleização obtida pela diferença entre a Altitude e a Hidromorfia.

Fonte: Marés Mikosik (2015)..

Na Tabela 2 observa-se que a isolinha de 20 m de altitude consiste predominantemente no limite transicional entre os solos semi-hidromórficos e não-hidromórficos. Com isso, valores acima dessa altitude referem-se aos solos não-hidromórficos, os quais não evidenciam hidromorfia dentro de 1m a partir da superfície.

No intervalo de 15,83 a 18,06 m, ocorrem os solos hidromórficos e semi-hidromórficos. Entretanto, nos casos onde as características hidromórficas foram encontradas em altitudes inferiores ou superiores à citada, o limite da poligonal referente à área úmida teve como base a hidromorfia identificada em campo. Como exemplo tem-se o ponto 15, no qual as características hidromórficas seriam evidenciadas na altitude de 17,06 m. Porém, nesse ponto não foi registrada a presença da hidromorfia e, por isso, o solo foi classificado como não-hidromórfico. Outro exemplo refere-se ao ponto 27, em que apesar de a superfície do terreno estar a 19,21 m de altitude, o solo foi classificado como hidromórfico em decorrência da presença de horizonte glei a 18,85 m.

Em síntese, observa-se que as características hidromórficas (gleização e ocorrências de mosqueados). foram obtidas preponderantemente entre 15,83 a 18,06 m de altitude, enquanto que os solos não-hidromórficos contemplaram majoritariamente as altitudes superiores a 20m.

Desta forma, conforme citado a área úmida compreendeu o segmento da paisagem composto pelos solos hidromórficos e semi-hidromórficos. Por isso, a mesma apresentou 1,94 ha, sendo caracterizada pela presença de Gleissolo Háplico, o qual serve de suporte para o desenvolvimento da vegetação *Typha dominguensis* (taboa)..

Com relação ao entorno protetivo, o mesmo apresentou larguras de 50, 60 e 70 m, obtidas pela correlação entre a declividade das vertentes representativas e a textura dos horizontes B dos solos, conforme representado na Tabela 3. Deste modo, das quatro vertentes, duas (vertentes C e D). apresentaram declividades entre 20 e 45% e textura argilosa. Deve se ressaltar que nesse caso, a textura foi obtida por meio dos solos coletados na vertente C e extrapolados para a vertente D, devido à dificuldade de acesso. Em uma das vertentes (vertente A). as declividades estão entre 8 a 20% e os solos coletados possuem textura média. Na outra vertente (vertente B), ocorreu o predomínio da classe de declividade 0 a 8% em solo argiloso.

Vertente	Declividade (%)	Coleta Horizonte B	Areia	Silte	Argila	Textura	Largura do Entorno Protetivo (m)
			g/kg				
A	8 - 20%	Ponto 1	338	438	225	Média	60
		Ponto 2	463	413	125	Média	
		Ponto 3	400	400	200	Média	
B	0 - 8%	Ponto 7	313	238	450	Argilosa	50
C/D	20 - 45%	Ponto 4	288	300	413	Argilosa	70
		Ponto 5	163	250	588		
		Ponto 6	238	263	500		

Tabela 3 - Largura do Entorno Protetivo conforme as Vertentes Representativas.

Fonte: Marés Mikosik (2015)..

Devido ao exposto e em conformidade com a Resolução Conjunta IBAMA/SEMA/IAP nº 005 (PARANÁ, 2008), a Figura 2 representa a delimitação da área úmida de 1,94 ha e seu entorno protetivo, cujas larguras de 50, 60 e 70 m apresentaram as seguintes extensões 0,63 ha, 2,60 ha e 2,22 ha, totalizando 5,45 ha.

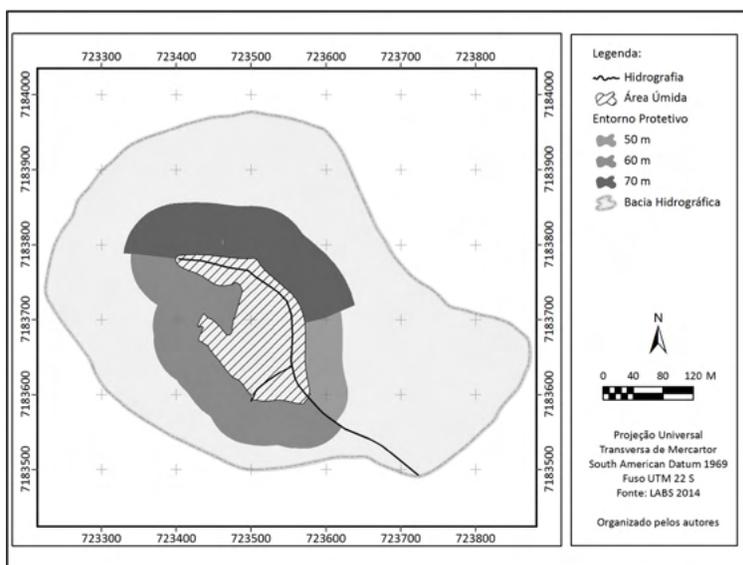


Figura 2 - Área Úmida e Entorno Protetivo da bacia hidrográfica.

Fonte: Marés Mikosik (2015)..

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Resolução Conjunta IBAMA/SEMA/IAP nº 005 (Paraná, 2008). apresentou avanços conceituais e técnicos a fim de garantir a proteção e conservação das áreas úmidas. Entretanto, a ausência de procedimentos metodológicos, no escopo da legislação,

dificulta a tomada de decisão pelo aplicador da lei.

Diante desse cenário, o presente trabalho teve como intuito desenvolver procedimentos metodológicos descritivos e detalhados, tornando-a tecnicamente mais acessível. Para isso, foram considerados os critérios geopedológicos fundamentados no regime hídrico, textura dos solos e declividade do relevo para avaliar as áreas úmidas e seus entornos protetivos.

A combinação do uso de geotecnologias e levantamento pedológico possibilitou delimitar a área úmida, a partir dos dados oriundos do MDT hidrologicamente consistido e daqueles referentes à hidromorfia dos solos. Com isso, a delimitação da poligonal de 1,94 ha correspondente à área úmida, contemplou a definição conceitual dessas áreas, bem como abrangeu critérios pedológicos e topográficos.

Já no processo de delimitação do entorno protetivo foi utilizado como critérios os valores de textura dos solos e declividade do relevo presentes na Resolução Conjunta IBAMA/SEMA/IAP nº 005 (Paraná, 2008).. A textura do solo foi determinada no horizonte B, pois o mesmo preserva as características do solo, ou seja, não sofre interferências diretas da superfície e correspondem ao lugar dos processos pedogenéticos (CURCIO, 2006).. Em relação ao relevo foram definidas vertentes representativas da área de estudo, com o intuito de se extrair a declividade predominante. Diante disso, foi possível delimitar o entorno protetivo que apresentou três diferentes larguras: 50 m, 60 m e 70 m, as quais totalizaram 5,45ha.

Espera-se que os procedimentos elaborados para a delimitação das áreas úmidas e entornos protetivos ao serem incorporados na Resolução Conjunta IBAMA/SEMA/IAP nº 005 (PARANÁ, 2008). possam contribuir para a efetividade da aplicação em território paranaense.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei Federal nº 12.727, de 17 de outubro de 2012.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 out 2012.

BARBOSA FILHO, M. P. **Toxicidade de ferro em arroz irrigado.** In: I Reunião sobre Ferro em Solos Inundados, 1987, Goiânia. Anais da I Reunião sobre Ferro em Solos Inundados. Goiânia, GO: EMBRAPA/CNPAF, v. 01, p. 113-133, 1987.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos.** Tradução técnica: Igo Fernando Lepsch. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

CURCIO, G. R. **Caracterização geomorfológica, pedológica e fitossociológica das planícies fluviais do Rio Iguçu, Paraná, Brasil.** 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2006.

CURCIO, G. R.; SOUZA, L. P.; BONNET, A.; BARDDAL, M. L. **Recuperação ambiental das margens da represa do rio Iraí, Pinhais, PR.** In: 57º Congresso Nacional de Botânica, 2006, Gramado. Revista Brasileira de Biociências. Porto Alegre: Instituto de Biociências da UFRGS, 2006b. v. 5. p. 522-524.

DIEGUES, A. C. S. (Org.). **Povos e Águas: Inventário de Áreas úmidas Brasileiras** - 2ª Edição. 1. ed. São Paulo: NUPAUB, 2002. v. 1. 597p.

FALCÃO, I. O. **Extração semi-automática tridimensional dos principais elementos de um perfil rodoviário a partir de dados LiDAR.** 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geográfica). - Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2012.

FOWLER, R. B. **Qualidade e Monitoramento do Solo.** INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. Programa de Capacitação de Técnicos, Curitiba, 2006, 58p.

HUTCHINSON, M. F. **A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits.** Journal of Hydrology, 106, 211-232, 1989.

MACEDO, J. **Alterações na Área e no Estoque de Carbono em Banhado e Campo Cultivado: Estudo de caso.** 2009. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). - Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava, 2009.

MALTCHIK, L. **Biodiversidade e conservação das áreas úmidas na bacia hidrográfica do rio do Sinos.** São Leopoldo: Unisinos, 2009. 79 p.

MARÉS MIKOSIK, A. P. **Aplicação e análise da Legislação Paranaense relativa às áreas úmidas, em uma bacia experimental, situada em Antonina (PR).** 2015. Dissertação (Mestrado em Geografia). – Programa de Pós Graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2015.

MITSCH, W, J.; GOSELINK, J, G. **Wetlands.** 2 ed. New York, 1993.722 p.

MUNSELL COLOR COMPANY. **Munsell soil color charts,** 2000.

NBR - 13133 – **Execução de levantamentos topográficos.** ABNT - Associação Brasileira de normas Técnicas, 1994.

PAULA, E. V.; MARÉS MIKOSIK, A. P. **Contribuições ao Processo de Delimitação de Áreas Úmidas e Entorno Protetivo.** Revista Geonorte, v. 10, p. 280-285, 2014.

PARANÁ. **Decreto 10. 266, de 19 de fevereiro de 2014.** Casa Civil Governadoria do Poder Executivo do Estado do Paraná. Curitiba, PR, 2004.

PARANÁ. **Resolução Conjunta IBAMA/SEMA/IAP N° 005, de 28 de março de 2008.** Casa Civil Governadoria do Poder Executivo do Estado do Paraná. Curitiba, PR, 2008.

RAMSAR. Disponível em: <http://www.ramsar.org/> . Acesso em: 11/10/2012.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. R.; CORRÊA, G. F. **Pedologia: Base para distinção de ambientes**. 5.ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2007. 322p.

SANTOS, L. J. C.; PAULA, E. V.; GROCHOCKI, M. A. F. **Mapeamento Geomorfológico como Subsídio à Identificação e à Estimativa dos Solos na Área de Drenagem da Baía de Antonina (PR)**. Revista Brasileira de Geomorfologia. Uberlândia: UFU. Ano 10. 2009. p.29-36.

SANTOS, R.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. 5. ed. Viçosa, SBCS, 2005. 92 p.

TARBOTON D. G. **Terrain analysis using Digital Elevation Models (TauDEM)**. 2005. Disponível em: <http://hydrology.usu.edu/taudem/taudem3.0/>. Acesso em: 19 jul. 2014.

INDÍCIOS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM ALUNOS DE UMA INSTITUIÇÃO DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA NA TEMÁTICA DE TERRA COMO UM CORPO CÓSMICO

Data de aceite: 01/02/2022

Jefferson Oliveira do Nascimento

Universidade Federal do Amazonas (INC/UFAM), Benjamim Constant, AM; Programa de Modelagem Computacional, CIMATEC Salvador, BA, Brasil

Italo Gabriel Neide

Universidade do Vale do Taquari Lajeado/RS, Brasil

Sônia Elisa Marchi Gonzatti

Universidade do Vale do Taquari Lajeado/RS, Brasil

Marcelo Albano Moret

Programa de Modelagem Computacional, CIMATEC, Universidade do Estado da Bahia, UNEB Salvador/BA, Brasil

RESUMO: Na prática docente em nível superior, é comum que os discentes provenientes da educação básica apresentem conhecimentos equivocados quanto aos conteúdos físicos. Diante desta condição inicial, foi realizada a presente pesquisa, em uma turma do Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica na modalidade de Educação de Jovens e Adultos (PROEJA), em uma Instituição de Ensino de Educação Profissional. A pesquisa quali-quantitativa, realizada por meio de um estudo de caso, apresentou uma proposta de Ensino de Física por meio da modelagem e simulação computacionais, alicerçada também

no referencial teórico da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. O objetivo do presente artigo é apresentar alguns dos indícios desta referida aprendizagem, verificados ao fim da pesquisa realizada, na temática de Terra como um corpo cósmico. Por todas as observações realizadas durante o processo investigativo, seja pela análise e transcrição das respostas dos discentes, pelas diversas interações realizadas entre eles durante a intervenção psicopedagógica e as entrevistas realizadas com eles, podemos inferir que os objetivos foram alcançados.

Palavras-chave: Ensino de Física, Teoria da aprendizagem significativa, Terra como um corpo cósmico, PROEJA.

ABSTRACT: In teaching practice at higher level, it is common for students from basic education to present mistaken knowledge regarding physical content. In view of this initial condition, this research was carried out in a class of the National Program for the Integration of Professional Education with Basic Education in the modality of Youth and Adult Education (PROEJA), in a Professional Education Teaching Institution. The quali-quantitative research, carried out through a case study, presented a proposal for Teaching Physics through computational modeling and simulation, based also on the theoretical framework of the Ausubel Theory of Meaningful Learning. The purpose of this article is to present some of the evidence of this learning, verified at the end of the research carried out, on the theme of Earth as a cosmic body. From all the observations made during the investigative process, whether through the analysis and

transcription of the students' responses, the various interactions between them during the psychopedagogical intervention and the interviews conducted with them, we can infer that the objectives were achieved.

KEYWORDS: Physics teaching, Theory of meaningful learning, Earth as a cosmic body, PROEJA.

1 | INTRODUÇÃO

A Educação de Jovens e Adultos (EJA) foi pensada primordialmente como formação inicial ou continuada para pessoas que já se encontram na fase adulta, tendo como foco a construção de um sujeito atuante e crítico no meio social, preparado para interagir com um mundo em constante transformação [1]. Conforme Freire [2] a ideia era de alfabetizar ou trabalhar a formação continuada a partir do próprio aluno, por meio das suas condições de vida e interações sociais, tornando-o um ser preparado para atuar ativamente nesta sociedade. Contudo, o que realmente acontece são pessoas voltando aos seus estudos em busca de um certificado para poder disputar uma vaga no mercado de trabalho [1].

Assim como na EJA, o aluno ao optar pelo PROEJA, não tem garantias de que ocorrerá a sua inserção no mundo do trabalho, na área de seu curso técnico, mas esta realidade não pode ser um norteador para impossibilitá-lo do acesso ao ensino médio integrado ao técnico [3]. Diferentemente do ensino médio regular, o PROEJA é formado por alunos diferenciados, que normalmente estão há certo tempo afastados do ambiente escolar [4]. Existem especificidades que devem ser pensadas na prática pedagógica docente, relativas a esta modalidade de ensino [4]. Ao retomarem os estudos, fazendo a opção por cursar o ensino médio integrado ao ensino técnico, deve-se ter um olhar especial em relação às práticas desenvolvidas e aos conteúdos abordados, haja vista a elevada complexidade que há neste retorno às aulas.

Diante desta realidade, este artigo apresenta uma pesquisa um excerto realizado com uma turma de PROEJA com a temática de Terra como um corpo cósmico, destacando as estações do ano. Assim como em [5], percebemos que este fenômeno corresponde a um dos conhecimentos científicos que mais se destaca em ser aprendido de forma equivocada. As estações correspondem a um fenômeno astronômico que, embora seja do cotidiano das pessoas, sua compreensão exige a integração de diferentes conceitos, entre eles, situar a Terra como corpo cósmico e desenvolver um modelo tridimensional para o sistema Sol-Terra [6]. Conforme Nardi e Carvalho [7] a causa e a caracterização das estações são tópicos que no ensino regular causam dificuldades de entendimento, o que a princípio me fez pensar na dificuldade que poderia ser abordá-las no PROEJA. Para mais detalhes da pesquisa, indicamos.

2 | METODOLOGIA

Para realizar esta pesquisa, em uma escola de educação profissional em Belém/PA (turma de PROEJA técnico em Informática), em busca de possíveis respostas em relação ao ensino de Física por meio de ferramentas tecnológicas, alicercemo-nos na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e, em pressupostos da pesquisa qualitativa [8], por meio de um estudo de caso. Toda a pesquisa ocorreu com atividades para os alunos, com a utilização dos objetos de aprendizagens do *PHET*, do *Microsoft Excel* e do *software Modellus*. Neste artigo, estes tópicos não discutidos. De forma coerente para os autores, pela medida em que esta investigação envolveu uma intervenção pedagógica em um contexto real de sala de aula, onde se desenvolveram os processos de ensino e de aprendizagem, entendemos que esta perspectiva da abordagem qualitativa era a mais coerente com o tipo de estudo desenvolvido.

Assim como norteia Vergara [9], em relação aos fins de investigação, esta pesquisa foi definida como intervencionista, já que ela teve como foco principal se interpor e interferir na realidade dos alunos estudados, a fim de que ocorresse a possibilidade de modificá-la durante todo o decorrer do processo. Durante todo o processo de intervenção, os indícios de aprendizagem significativa estiveram sendo buscados/observados e, para que isto ocorresse, iniciamos a pesquisa com a realização de um pré-teste semiestruturado para verificar os conhecimentos prévios dos alunos e orientar o desenvolvimento das aulas seguintes [10].

A aplicação deste primeiro questionário ocorreu no primeiro encontro (primeira aula), antes do início das abordagens necessárias para o desenvolvimento da temática das estações do ano. Ao fim, ocorreu a realização de um pós-teste. Entre um e outro, alguns meses de pesquisa e várias atividades realizadas, que não seria necessário este pós-teste. Mas, optamos na realização dele.

3 | DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

De toda a pesquisa, escolheremos para este artigo, algumas questões do pós-teste para discussão. A primeira questão do pós-teste, inspirada em Gonzatti [15], abordou um texto adaptado de uma notícia publicada em um jornal virtual do Pará os prejuízos que as constantes quedas de mangas têm causado aos moradores de Belém/PA. A mangueira é uma árvore que existe em grande quantidade em Belém, o que faz com que a cidade seja chamada de “cidade das mangueiras”. Nossa intenção foi de investigar a capacidade dos alunos de resolução, em relação aos conteúdos físicos pertencentes a temática de Terra como um corpo cósmico, conforme Figura 1:



Figura 1: Terra como corpo cósmico para o estudo das estações do ano. Fonte: Nascimento [11].

A questão solicitava que fosse realizado o desenho da Terra, com mangueiras espalhadas ao redor do planeta e suas mangas caindo. Dos trinta alunos participantes, vinte e oito (93,33%) apresentaram desempenho considerado coerente cientificamente, caracterizando-os como nível 3 de categorização (conforme categorização apresentada em Nascimento [11]). Um aluno apresentou resposta coerente com o nível 1 e um aluno respondeu coerentemente com o nível 2. Na análise realizada das respostas dos discentes, os indícios referentes a um dos três níveis, ocorreram por meio dos seus desenhos e das suas argumentações. É recorrente destacar que o nível 3 corresponde aos alunos cuja estrutura cognitiva possui conhecimentos específicos. Tais conhecimentos indicam uma construção teórica da Terra como corpo cósmico, considerando aspectos como a forma do planeta e as interações gravitacionais. Nas Figuras 2, 3 e 4, estão apresentados os desenhos realizados pelos alunos **A9**, **A15** e **A25**, correspondentes aos níveis 3, 2 e 1, respectivamente:

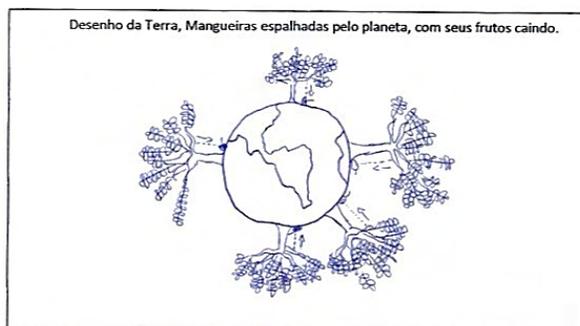


Figura 2: Resposta do aluno A9, caracterizada como nível 3.

Os alunos que apresentaram suas respostas, com características do nível 3, desenharam árvores ao redor do planeta, com os frutos caindo em direção à Terra, no padrão da Figura 2. Conforme Nussbaum e Novak [12] e Baxter [13], os discentes com essas respostas possivelmente demonstraram que possuem concepções de que a Terra é esférica, fonte de um campo gravitacional, que atrai os corpos para seu centro e está situada em um espaço cósmico. Algumas argumentações dos alunos estão apoiadas nessa percepção, que foi explorada ao longo da intervenção pedagógica:

A6: *As frutas em todas as partes do planeta caindo no mesmo sentido, pois há uma força gravitacional que as puxam para o centro da Terra.*

A10: *Devido a força de atração gravitacional do núcleo da Terra, faz com que qualquer objeto seja atraído para o centro, não importando o lado que esteja.*

A18: *Há Força de atração, pois os valores da massa serão sempre positivas. Desse modo será puxado para o centro da Terra.*

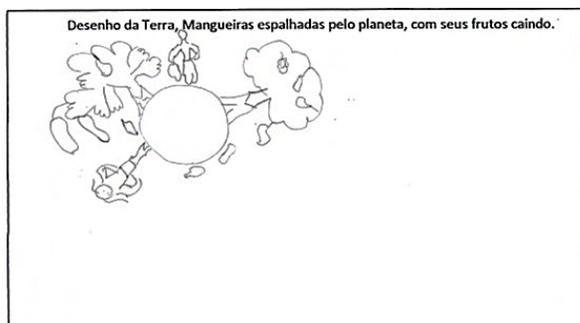


Figura 3: Resposta do aluno A15, caracterizada como nível 2.

Em relação ao desenho do aluno **A15** caracterizado como nível 2, durante o pré-teste semiestruturado, em análises relacionadas a temática de Terra como um corpo cósmico, o discente apresentou respostas com características do nível 1. Possivelmente houve uma transição conceitual deste aluno, já que ele saiu de um nível de respostas egocêntricas cientificamente para um nível intermediário (nível 2). no pós-teste. O discente não explicou seu desenho na questão.

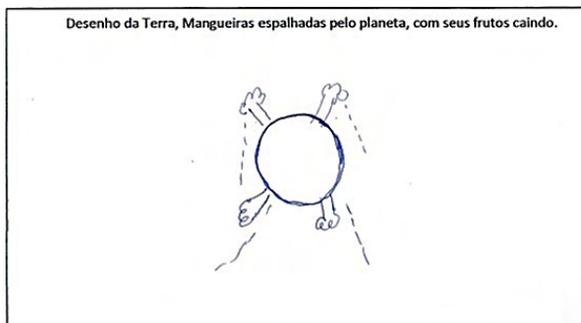


Figura 4: Resposta do aluno A25, caracterizada como nível 1.

O aluno **A25** apresentou resposta com características relacionadas ao nível 1, padrão já demonstrado pelo discente no pré-teste semiestruturado (não abordado nesta pesquisa).. Assim como ocorreu para o aluno **A15**, este aluno demonstrou conhecer o formato da Terra, mas não aplicou de maneira totalmente coerente a noção da Terra como fonte de campo gravitacional. Isso foi perceptível no seu desenho: apesar das mangueiras estarem de pé em relação à superfície da Terra, em cada ponto do desenho, as frutas caem para o espaço. Essas características, conforme Nussbaum e Novak [13] podem indicar que as concepções de direção e sentido associadas as quedas dos corpos não estão relacionadas à Terra e ao seu centro e sim ao espaço cósmico. Conforme os autores, o desenho do aluno **A25**, possivelmente demonstra um desconhecimento das características da interação da Terra como corpo cósmico.

A segunda questão, inspirada em Gonzatti [14] e Nascimento, Neide e Borragini [15], solicitava que fosse feito um desenho que explicasse a ocorrência das estações do ano e, se necessário, ele poderia ser complementado com explicações escritas. Como resposta cientificamente coerente (nível 3), poderia ser feito um desenho que explicitasse a Terra com seu eixo imaginário inclinado, orbitando ao redor do Sol, por meio de uma trajetória elíptica de excentricidade baixa, sendo o desenho semelhante a uma circunferência. O movimento de rotação e a força gravitacional mútua entre Terra e Sol, também poderiam ser representados no desenho. Como possibilidade do nível 3 de categorização, considerei também o desenho que representasse a Terra e o seu eixo imaginário inclinado. Dos trinta alunos participantes que responderam a questão, vinte e cinco (83,33%). apresentaram desenhos e argumentações, conforme o nível 3 (Figura 5)..

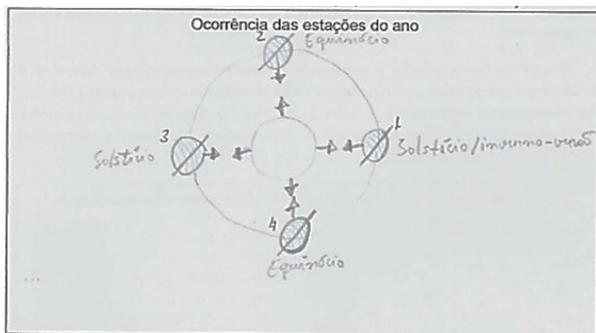


Figura 5: Resposta do aluno A13, caracterizada como nível 3.

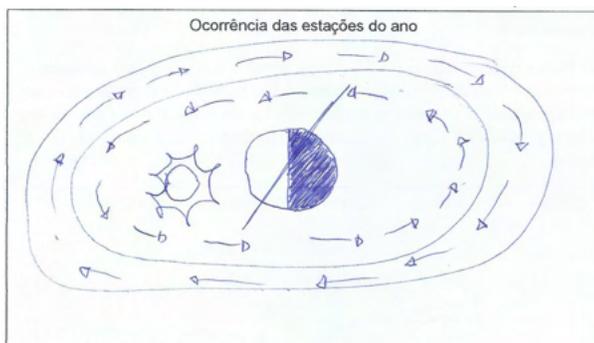


Figura 6: Resposta do aluno A26, caracterizada como Nível 2, no pós-teste.

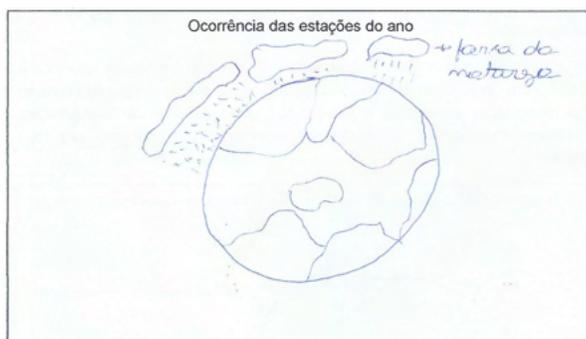


Figura 8: Resposta do aluno A9 caracterizada como nível 1, no pós-teste.

O desenho elaborado pelo aluno **A26** apresentou características coerentes com o nível 2 de categorização, assim como sua resposta expositiva: *"Inicia o verão no hemisfério sul, no norte está começando o inverno"*. O desenho apresentou a Terra com o seu eixo imaginário inclinado, uma separação entre regiões que corresponderiam ao período do dia (claridade). e noite (escuridão). no planeta, o Sol e duas possibilidades de sentido de

movimento (não determinando a qual corpo celeste da figura pertencem os movimentos)..

Mesmo o discente apresentando intuitivamente em sua resposta características como a forma da Terra, revolução, e o fenômeno dos dias e das noites (concepções necessárias para o entendimento das estações), mas ainda não apresentam-se alicerçada em um modelo coerente cientificamente. Conforme Selles e Ferreira [16] este padrão de respostas possivelmente indica um modelo conceitual do fenômeno das estações, que ainda se encontra disposto em diversos materiais instrucionais: a Terra possui uma exagerada trajetória elíptica ao redor do Sol.

No pré-teste semiestruturado, o aluno **A26** apresentou respostas para a trajetória da Terra ao redor do Sol e em relação as estações do ano, com características do nível 1 de categorização. Agora, apresentou respostas caracterizadas como nível 2, indicando uma possível transição conceitual em sua estrutura cognitiva. A resposta expositiva do aluno **A9** desenvolveu-se em torno de uma explicação que envolve o ciclo da água na Terra para caracterizar as estações do ano:

“A terra faz as seguintes alterações: A água que está na terra, volta ao clima através da organização que ocorre constantemente, essa água passa por uma processo de acúmulo de água na superfície da Terra após esse procedimento o acúmulo de água, ai essa água volta para a terra em forma de chuva considerando que as estações do ano que são divididas por etapa inverno, verão e primavera e outono”.

Mesmo com uma resposta ingênua cientificamente para esta questão e caracterizada como nível 1, ao observar o desenho realizado pelo aluno, constatei que o caráter esférico da Terra, a força da gravidade e o campo gravitacional estão presentes (Terra desenhada de forma esférica, com nuvens ao redor e a chuva caindo em direção ao planeta).. Estes conceitos são necessários para a compreensão do fenômeno das estações do ano, remetendo-me ao pensamento que, possivelmente o aluno, cognitivamente, apresentou alguma transição conceitual, mas, ainda não conseguindo estabelecer explicações científicas referentes aos fenômenos astronômicos [17].

A sexta questão, adaptada do processo seletivo ao nível superior da Fuvest, inicialmente apresentou informações sobre o fenômeno da insolação e mostrou quatro figuras, em que três delas irei denominar aqui, para fins didáticos, de Figura I, Figura II e Figura III, pois representavam as estações inverno, primavera e verão, respectivamente:

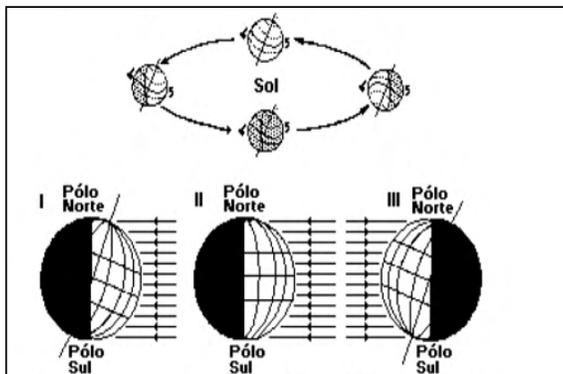


Figura 9 – Estações do ano. Fonte: Adaptado de Nascimento [??].

Na primeira parte da questão, os alunos deveriam identificar essas estações do ano no Hemisfério Sul do planeta. Na segunda parte, deveriam explicar as variações do período de iluminação de Belém/PA e São Paulo/SP, relacionando-as com o horário de verão. Pelas respostas apresentadas dos alunos, julguei pertinente nesta questão qualificá-las de forma individual e agrupada, em um diagrama de *Venn* (Figura 10)..

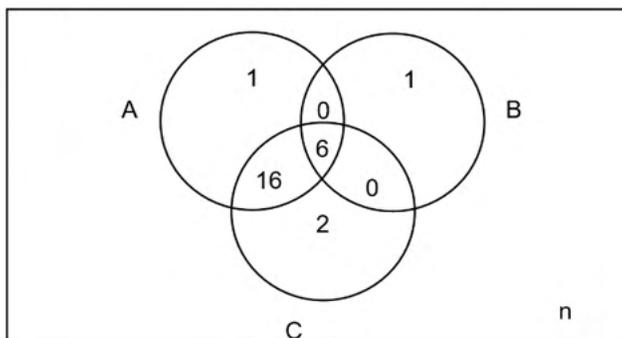


Figura 10 - Diagrama de *Venn* do agrupamento de respostas dos alunos. Fonte: Nascimento [11].

- A → Conjunto constituídos por alunos que acertaram somente a estação representada pela Figura I (Inverno). = 1;
- B → Conjunto constituídos por alunos que acertaram somente a estação representada pela Figura II (Primavera). = 1;
- C → Conjunto constituídos por alunos que acertaram somente a estação representada pela Figura III (Verão). = 2;
- $A \cap B$ → Alunos que acertaram as estações representadas nas Figuras I e Figura II = 0
- $A \cap C$ → Alunos que acertaram as estações representadas nas Figuras I e Figura

III = 16

- $B \cap C \rightarrow$ Alunos que acertaram as estações representadas nas Figuras II e Figura III = 0
- $A \cap B \cap C \rightarrow$ Alunos que acertaram as três estações = 6;
- $n \rightarrow$ Alunos que não acertaram nenhuma das estações = 4.

Conforme o diagrama de Venn (Figura 11), foi possível quantificar os dados conforme Figura 11:

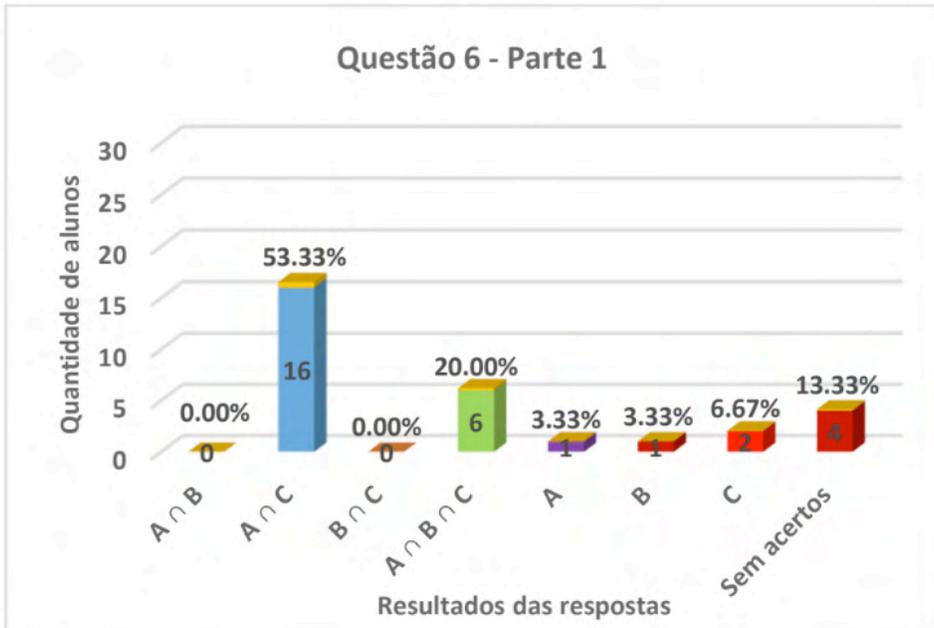


Figura 11 - Diagrama de Venn do agrupamento de respostas dos alunos. Fonte: Nascimento [11].

Para Selles e Ferreira (2004). [19] este padrão de respostas possivelmente De acordo com as informações acima construídas dos argumentos escritos pelos alunos na primeira parte da sexta questão, seis alunos (20%). responderam de forma coerente cientificamente a primeira parte da questão, conseguindo analisar, observar e relacionar a insolação com os hemisférios da Terra nas três posições representadas. A maioria dos alunos, dezesseis (53,33%), respondeu de forma correta as estações representadas na Figura 82, correspondentes ao inverno e verão. Quantificando os acertos individuais para cada estação do ano representada na figura, cada uma obteve um acerto. Quatro alunos, **A2**, **A11**, **A14** e **A29**, não responderam a questão.

Para Selles e Ferreira [19], e Gonzatti [15] na região norte do Brasil, são perceptíveis apenas as estações de seca (período do ano que não chove ou chove pouco). e chuvosa

(período do ano de ocorrência intensas de chuvas).. De acordo com os autores essas estações são as denominadas de verão e inverno nessa região e, este fato possivelmente foi refletido nas respostas dos discentes.

A maioria dos discentes, dezesseis (53,33%), apresentaram suas respostas coerentes cientificamente para as estações verão e inverno e, mesmo a questão referindo-se a um Hemisfério (Sul), e não apenas a uma região específica do planeta (Norte do Brasil), a percepção e afinidade deles para essas estações se destacaram. Esta questão também indica a dificuldade que percebi que apresentaram em relação ao estudo dos solstícios e às estações primavera e outono. A segunda fase da questão seis do pós-teste, solicitava que os alunos explicassem as variações do período de iluminação para as cidades de São Paulo/SP e Belém/PA, relacionando-as com o horário de verão. É válido destacar que São Paulo dispõe de maior latitude que Belém.

Em 2014, o horário de verão iniciou na madrugada de dezoito para dezenove de outubro, finalizando em 2015, de quinze para dezesseis de fevereiro¹. Mesmo que o nome seja horário de verão, este período em que se evita uma possível sobrecarga no sistema de fornecimento de energia elétrica do país nos horários de pico e, também possibilita a economia de energia ao Estado Brasileiro, é iniciado logo após o equinócio de setembro. Então, para o Hemisfério Sul do planeta Terra, corresponde a estação da primavera e não ao verão.

Novamente, conforme os três níveis de categorização, uma resposta adequada cientificamente (nível 3), corresponde a seguinte explicação: São Paulo possui maior latitude comparada a Belém, apresentando uma desigualdade entre a duração dos dias e noites, diferentemente da capital paraense. Belém se encontra próxima a região equatorial, em que não há mudanças consideráveis entre as durações dos dias e noites. Estes fatos justificam a adoção do horário de verão durante o período que equivaleria a primavera (outubro), até próximo do fim do período que corresponderia ao verão (fevereiro).. A seguir apresento algumas respostas dos discentes conforme as características dos três níveis de categorização:

A4: *Em São Paulo com relação ao horário de verão eles têm 1 hora a menos para sair do trabalho e mais tempo de claridade com isso aproveitam, já em Belém são basicamente a mesma quantidade de horas só mudando em duas épocas do ano.*

A6: *Em relação a Belém as estações não são bem definidas e as variações de iluminação. Já São Paulo 'os horários tem'. Pois quando está no inverno a noite é mais prolongada e o verão é mais tempo de claridade.*

A25: *Horário de verão, nada a ver com Belém.*

As respostas dos discentes caracterizadas como nível 1 (acima), apresentaram

¹ Informação disponível em: <<http://www.horariodebrasil.org/verao/>>. Acesso em 12 de Dez. 2014.

argumentações ingênuas cientificamente, sem alicerce em um atual modelo de ciência para a explicação do horário de verão. Na resposta do aluno **A4**, por exemplo, ele até cita a similaridade entre a duração dos dias e noites em Belém, mas, sem nenhuma informação mais relevante cientificamente. As argumentações dos alunos **A3**, **A19** e **A30** apresentaram algumas características de alicerce científico, sendo categorizadas como nível 2, com as seguintes respostas:

A3: *Os trópicos de câncer e de capricórnio onde o sol incide diretamente nos dias de solstícios e delimitam as regiões onde o sol incide diretamente. Na cidade de São Paulo nos solstícios [de verão] os dias são mais longos em Belém isso não acontece.*

A19: *O horário de verão serve apenas para uma economia de energia.*

A30: *O horário de verão não tem nada a ver com as mudanças de estação, tem a ver com a diminuição de energia nas cidades citadas no texto acima.*

Conforme Moreira e Uhr [18] e Gonzatti [14], entre os trópicos de Câncer e Capricórnio observam-se latitudes em que os raios solares incidem diretamente nas datas dos solstícios, região onde se encontra São Paulo. A resposta do aluno **A3** está de acordo com as autoras, mas ele cita os solstícios com características iguais ao do solstício de verão, quando se refere a um dia com longa duração. Também cita de forma coerente que em Belém não há variações expressivas na duração entre os dias e noites, mas não consegue explicar o horário de verão, em função desta desigualdade luminosa no Sudeste.

Os alunos **A19** e **A30** apresentam argumentações simples, mas não de forma ingênua cientificamente como as caracterizadas para o nível 1. Em relação ao nível 3, onze alunos (36,67%). apresentaram argumentações alicerçadas em um atual modelo científico ou com respostas próximas desse modelo, apresentando um padrão verificado nas respostas dos alunos **A11** e **A10**:

A11: *Os dias no sul e sudeste tem mais duração da claridade e menos tempo de duração da noite e o governo criou o horário de verão para que a população do sul e sudeste usassem menos energia elétrica porém esse horário de verão não se aplica ao Pará ou a Belém.*

A10: *Em Belém, devido estar mais perto a linha do equador recebe a mesma quantidade de luz o ano inteiro as noites e o dia tem a mesma durabilidade, já em SP por estar mais ao sul no período que antecede o verão entre o equinócio de setembro os dias são mais longos que a noite pois clareia mais cedo e escurece mais tarde.*

Na resposta do aluno **A11**, ocorreu a afirmativa que a duração do dia é maior do que a da noite para o período que ocorre a aplicação do horário de verão. O discente justificou na sequência a ocorrência do horário de verão em função da desigualdade luminosa em São Paulo, havendo redução no consumo de energia elétrica. A afirmativa do aluno **A11** está em conformidade com Uhr (2007), pois essa diferença no período de iluminação

que ocorre em regiões de latitudes afastadas da região equatorial, não é perceptível para localizações próximas a ela (é o que ocorre com Belém)..

Para Gonzatti [14] praticamente há doze horas de duração para a duração do dia e da noite nessas regiões próximas à equatorial. Tais argumentações também estão presentes nas respostas dos alunos **A10** e **A13**, apresentando-se coerentes cientificamente. A seguir, percentual dos alunos em relação aos níveis de concepções utilizados na categorização, conforme Figura 12:

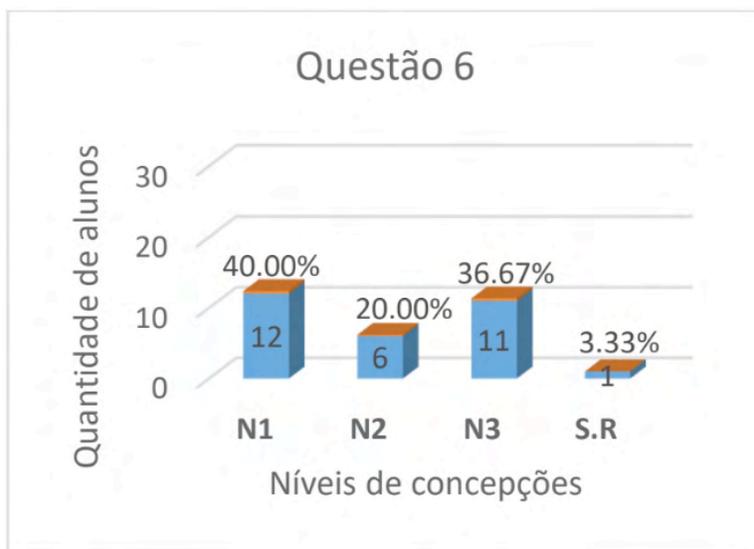


Figura 12 - Diagrama de Venn do agrupamento de respostas dos alunos. Fonte: Nascimento [11]

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Toda a pesquisa realizada com a turma do curso técnico em informática na modalidade PROEJA, esta realizada em um questionário semiestruturado que inicialmente investigou as concepções prévias dos alunos quanto aos subsunçores necessários para as abordagens da temática de Terra como corpo cósmico. Diante destes resultados, todo o percurso metodológico pôde ser construído e adequado à realidade percebida no ambiente escola, pelos alunos.

Reconciliação integradora e diferenciação progressiva foram alguns dos fenômenos percebidos em todas as observações realizadas durante toda a pesquisa. Estes fenômenos, dentre outros, alicerçaram-nos para argumentarmos que percebemos indícios de aprendizagens significativa.

Como dito anteriormente, não havia necessidade de realizarmos este teste ao fim da pesquisa. Houve material coletado suficiente já para embasar esta afirmativa. Porém,

resolvemos realiza-lo e auxiliou a todas as análises e respostas que a pesquisa já havia fornecida: houve indícios de aprendizagem significativa pelos alunos da turma do PROEJA.

AGRADECIMENTOS

Jefferson Nascimento agradece a oportunidade de ter realizado pós-doutoramento no departamento de modelagem computacional no CIMATEC/BA. Marcelo A. Moret agradece ao CNPq pelo suporte financeiro parcial oriundo de sua bolsa de Produtividade em Pesquisa (No. 305291/2018-1)..

REFERÊNCIAS

- [1] ROMANZINI, Beatriz. EJA – Ensino de Jovens e Adultos e o Mercado de Trabalho. Qual Ensino? Qual Trabalho? II Seminário de Estágio da Licenciatura em Ciências Sociais. Universidade Estadual de Londrina, 2011. Disponível em: <<http://www.uel.br/projetos/lenpes/pages/arquivos/aBeatriz%20Artigo.pdf>>. Acesso em 30 jun. 2014.
- [2] FREIRE, Paulo. Pedagogia da autonomia. Saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- [3] BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza Matemática e suas tecnologias no ensino médio – SEMTEC/MEC – 1999. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 20 de julho 2013.
- [4] PEREIRA, Josué Vidal. O PROEJA no Instituto Federal de Goiás – Campus Goiânia: Um estudo sobre os fatores de acesso e permanência na escola. Dissertação de Mestrado. Unb. Brasília, 2011.
- [5] Marco Antônio. Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas V e unidades de ensino potencialmente significativas. I Encontro Regional de Aprendizagem Significativa I ERAS NORTE. UEPA, Belém, 2013. Disponível em: <http://paginas.uepa.br/erasnorte2013/images/sampled/figuras/aprend_%20signif_%20org_prev_mapas_conc_diagr_v_e_ueps.pdf>. Acesso em: 23 abr. de 2014
- [6] NUSSBAUM, J. Children's Conceptions of the Earth as a Cosmic Body: a cross age study. *Science Education*, New York, v. 63, n. 1. p. 83-93, Jan. 1979.
- [7] NARDI, R.; CARVALHO, A. M. P. Um Estudo sobre a Evolução das Noções de Estudantes sobre Espaço, Forma e Força Gravitacional do Planeta Terra. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 132-144, ago. 1996. Disponível em: < <http://core.ac.uk/download/pdf/25767424.pdf>>. Disponível em: 14 set. 2015.
- [8] ANDRÉ, M. E. D. A. Estudo de caso em pesquisa e avaliação educacional. Brasília: Liberlivro, 2005
- [9] VERGARA, Sylvia Constant. *Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração*. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2004.
- [10] AUSUBEL, David Paul. *Aquisição e retenção de conhecimento: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

[11] NASCIMENTO, Jefferson Oliveira do. O Ensino de Física por meio de ferramentas tecnológicas: um estudo de caso com o PROEJA. 2015. 231 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Exatas). – Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 25 set. 2015.

[12] NUSSBAUM, Joseph; NOVAK, Joseph D. An assessment of children's concepts of the earth utilizing structured interviews. *Science Education*, v. 60, n. 4, p. 535-550, 1976.

[13] BAXTER, J. Children's Understanding of Familiar Astronomical Events. *International Journal of Science Education*, London, v. 11, n. 5, p. 502-513, 1989. Special issue.

[14] GONZATTI, Sônia Elisa Marchi. Um Curso Introdutório à Astronomia para a Formação Inicial de Professores de Ensino Fundamental, em nível médio. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física). - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

[15] NASCIMENTO, J. O. do; NEIDE, I. G. ; BORRAGINI, L. F. . Modelagem computacional com o Software Modellus: Estudando as estações do ano.. In: XV EPEF - Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2014, São Sebastião-Maresias/SP. Anais do XV EPEF, 2014. v. 1. p. 1-8.

[16] SELLES, Sandra Escovedo; FERREIRA, Marcia Serra. Influências histórico-culturais nas representações sobre as estações do ano em livros didáticos de ciências. *Historic-cultural influences about patterns of representations about seasons in primary school science textbooks*. *Ciência & Educação*, v. 10, n. 1, p. 101-110, 2004.

[17] LANGHI, Rodolfo. Educação em Astronomia: da revisão bibliográfica sobre concepções alternativas à necessidade de uma ação nacional. 2011. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2011v28n2p373/19323>>. Acesso em: 10 fev. 2014.

[18] MOREIRA, M.A. UHR, A. P. O Sistema Solar: Um programa de Astronomia para o ensino médio. *Textos de Apoio ao Professor de Física - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física*, Porto Alegre, v. 18, n. 6, 2007. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/tapf/v18n4_Uhr.pdf>. Acesso em 01 out. 2013.

Data de aceite: 01/02/2022

Jefferson Oliveira do Nascimento

Universidade Federal do Amazonas (INC/UFAM), Benjamim Constant, AM;
Universidade Federal do Amazonas (INC/UFAM), Benjamim Constant, AM

Hernane Borges de Barros Pereira

Universidade do Estado da Bahia. Programa de Modelagem Computacional, CIMATEC Salvador, BA, Brasil

Davidson Martins Moreira

Universidade do Estado da Bahia. Programa de Modelagem Computacional, CIMATEC Salvador, BA, Brasil

Marcelo Albano Moret

Universidade do Estado da Bahia. Programa de Modelagem Computacional, CIMATEC Salvador, BA, Brasil

RESUMO: Conforme literatura científica, bem como as obras específicas de Rijo, um meio estratificado é um meio constituído por várias camadas horizontais. Para analisar como os campos elétrico e magnético se comportam num meio estratificado, é necessário estudar tal comportamento em um meio formado por uma única camada demasiadamente espessa de tal forma que podemos considerá-la um meio ilimitado. O presente artigo tem como objetivo apresentar de forma direta e didática, visando um público que deseja se inserir e iniciar seus estudos em Geofísica, na linha de pesquisa de

Métodos Eletromagnéticos (utilizando ou não modelagem computacional), apresentando um formalismo físico-matemático da supracitada temática. Demonstrar que a propagação do campo elétrico e magnético (nas condições citadas). podem ser descritos por meio de uma equação de onda. Partindo das considerações de um meio ilimitado, homogêneo e isotrópico e, apresentado os percursos metodológicos; conforme os alicerces fornecidos pelas Equações de Maxwell, o presente estudo apresenta como resultado a equação de onda denominada de Equação de Helmholtz.

PALAVRAS-CHAVE: Equação de Helmholtz, Equação da Onda, Métodos Eletromagnéticos, Geofísica.

ABSTRACT: According to scientific literature, as well as the specific works of Rijo, a stratified medium is a medium consisting of several horizontal layers. In order to analyze how the electric and magnetic fields behave in a stratified medium, it is necessary to study such behavior in a medium formed by a single layer too thick in such a way that we can consider it an unlimited medium. The aim of this article is to present a direct and didactic approach, aiming at an audience that wishes to insert and begin their studies in Geophysics, in the line of research of Electromagnetic Methods (using or not computational modeling), presenting a physical-mathematical formalism of the aforementioned thematic Demonstrate that the propagation of the electric and magnetic field (in the mentioned conditions). can be described by means of a wave equation. Starting from the considerations of an

unlimited, homogeneous and isotropic medium and, presented the methodological paths; according to the foundations provided by Maxwell's Equations, the present study presents as result the wave equation called the Helmholtz Equation

KEYWORDS: Helmholtz equation, Wave Equation, Electromagnetic Methods, Geophysics.

1 | INTRODUÇÃO

De diversos trabalhos científicos, nas obras apresentadas por Rijo [1], é apresentado a definição para um meio estratificado. É aquele constituído por várias camadas horizontais. Em caráter inicial de pesquisa, um meio estratificado pode ser considerado como sendo o que dispõe de uma camada extremamente espessa, e assim, podemos fazer a consideração dela ser ilimitada [1].

Nesta camada ilimitada admitiremos também que o meio seja homogêneo e isotrópico. Estas três considerações são fundamentais para a condução da proposta apresentada aqui. Por meio delas, consideramos que os campos elétrico e magnético apresentam variação apenas na direção z .

Este artigo tem como objetivo apresentar de forma didática, clara, direta e objetiva a forma de se apresentar que as equações dos campos elétrico e magnético correspondem a equações de onda, sendo planas e uniformes no espaço, representadas pela Equação de Helmholtz [1].

Acreditamos que pela exposição didática aqui apresentada, o presente artigo poderá ajudar aos discentes a nível de pós-graduação em geofísica, na área de métodos eletromagnéticos a entenderem estes resultados iniciais. Ressaltamos por último que este artigo corresponde a uma homenagem, em especial do primeiro autor a um professor seu que não se encontra mais entre nós: o professor Luiz Rijo.

2 | MÉTODO E RESULTADOS

A metodologia apresentada na presente pesquisa inicia a partir das Equações de Maxwell. A Lei de Gauss (Eq. 1), Lei de Gauss para o magnetismo ou a conservação de fluxo magnético (Eq. 2), Lei de Faraday (Eq. 3). e a Lei de Ampère (Eq. 4).:

$$\nabla \cdot D = \rho \quad (1).$$

$$\nabla \cdot B = 0 \quad (2).$$

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad (3).$$

$$\nabla \times H = J + \frac{\partial D}{\partial t} \quad (4).$$

Utilizando a Eq. 4 e substituindo os valores correspondentes para a densidade de corrente J e da indução elétrica D , teremos:

$\nabla \times H = \sigma E + \varepsilon \frac{\partial E}{\partial t}$. Transformando a equação anterior, passando do domínio do tempo para a frequência, por meio da transformada de Fourier, encontraremos:

$\nabla \times H = \sigma E + i\omega\varepsilon E$. Deixando o campo elétrico em evidência obteremos:

$\nabla \times H = (\sigma + i\omega\varepsilon)E$. A soma dos termos que multiplicam o campo elétrico pode ser substituída pela admitividade η , em que obteremos a Eq. 5:

$$\nabla \times H = \eta E \quad (5).$$

Resolvendo o rotacional na Eq. 5, da seguinte forma:

$$\nabla \times H = \left(\frac{\partial}{\partial x} i + \frac{\partial}{\partial y} j + \frac{\partial}{\partial z} k \right) \times (H_x + H_y + H_z)$$

e

$$\nabla \times H = \begin{vmatrix} i & j & k \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ H_x & H_y & H_z \end{vmatrix}$$

Encontraremos o seguinte resultado para o rotacional:

$$\nabla \times H = \left(\frac{\partial H_z}{\partial y} - \frac{\partial H_y}{\partial z} \right) i + \left(\frac{\partial H_x}{\partial z} - \frac{\partial H_z}{\partial x} \right) j + \left(\frac{\partial H_y}{\partial x} - \frac{\partial H_x}{\partial y} \right) k$$

Ao substituirmos o resultado anterior na Eq. 5, ela passará ao seguinte formato:

$$\left(\frac{\partial H_z}{\partial y} - \frac{\partial H_y}{\partial z} \right) i + \left(\frac{\partial H_x}{\partial z} - \frac{\partial H_z}{\partial x} \right) j + \left(\frac{\partial H_y}{\partial x} - \frac{\partial H_x}{\partial y} \right) k = \eta E \quad (6).$$

Lembrando que em um meio ilimitado, homogêneo e isotrópico a variação do campo ocorre na direção z . Assim, utilizando o termo do eixo das abscissas que satisfazem a condição anterior, teremos:

$-\frac{\partial H_y}{\partial z} = \eta E_y$, obtermos a Eq. a seguir:

$$\frac{\partial H_y}{\partial z} + \eta E_x = 0 \quad (7).$$

Satisfazendo ainda a condição para a variação do campo na direção z, utilizando o termo na direção y da Eq. 6, obteremos:

$$\frac{\partial H_x}{\partial z} = \eta E_y, \text{ passando ao formato da seguinte equação:}$$

$$\frac{\partial H_x}{\partial z} - \eta E_y = 0 \quad (8).$$

Utilizaremos a Eq. 8 posteriormente. Retornando ao pensamento da Eq. 7 e isolando o campo elétrico na direção x, $-\eta E_x = \frac{\partial H_y}{\partial z}$, encontraremos a seguinte equação:

$$E_x = -\frac{1}{\eta} \frac{\partial H_y}{\partial z} \quad (9).$$

Passaremos agora a utilizar a Eq. 3, a Lei de Faraday e, substituindo o equivalente na indução magnética, teremos:

$\nabla \times E = -\mu \frac{\partial H}{\partial t}$. Repetindo o pensamento inicial utilizado e passando a equação anterior para o domínio da frequência, teremos:

$$\nabla \times E = -i\omega\mu H \text{ ou } \nabla \times E = -ZH \quad (10).$$

Na Eq. 10 o novo termo que substitui os anteriores após a mudança de domínio, é chamado de impedância (Z). Resolveremos o rotacional na Eq. 10 da seguinte maneira:

$$\nabla \times E = \left(\frac{\partial}{\partial x} i + \frac{\partial}{\partial y} j + \frac{\partial}{\partial z} k \right) \times (E_x + E_y + E_z), \text{ logo:}$$

$$\nabla \times H = \begin{vmatrix} i & j & k \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ E_x & E_y & E_z \end{vmatrix}$$

$$\nabla \times E = \left(\frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z} \right) i + \left(\frac{\partial E_x}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial x} \right) j + \left(\frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y} \right) k$$

Por meio do resultado anterior a Eq. 10 terá o seguinte formato:

$$\left(\frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z} \right) i + \left(\frac{\partial E_x}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial x} \right) j + \left(\frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y} \right) k = -ZH \quad (11).$$

Como vimos a variação do campo elétrico (semelhante ao magnético). será na direção z. Desta forma, teremos $-\frac{\partial E_y}{\partial z} = -ZH_x$, que pode ser reescrita da seguinte maneira:

$$\frac{\partial E_y}{\partial z} - ZH_x = 0 \quad (12).$$

Na direção y o termo que varia em z, teremos:

$$\frac{\partial E_x}{\partial z} = -ZH_z \text{ ou } \frac{\partial E_x}{\partial z} + ZH_y = 0 \quad (13).$$

Isolando o campo magnético na Eq. 12, chegaremos ao seguinte resultado:

$$ZH_x = \frac{\partial E_y}{\partial z} \rightarrow H_x = \frac{1}{Z} \frac{\partial E_y}{\partial z} \quad (14).$$

Retomando a Eq. 13 e substituindo nela o campo elétrico da Eq. 9, teremos

$$\frac{\partial}{\partial z} \left(-\frac{1}{\eta} \frac{\partial H_y}{\partial z} \right) + ZH_y = 0 \rightarrow -\frac{1}{\eta} \frac{\partial^2 H_y}{\partial z^2} + ZH_y = 0$$

Multiplicando os termos da equação anterior pela admitividade, a equação anterior passará a ter o seguinte formato:

$\frac{\partial^2 H_y}{\partial z^2} - Z\eta H_y = 0$, utilizando $k^2 = -Z\eta$, e lembrando que só há variação dos campos na direção z, teremos:

$$\frac{\partial^2 H_y}{\partial z^2} + k^2 H_y = 0 \rightarrow \frac{d^2 H_y}{dz^2} + k^2 H_y = 0 \quad (15).$$

Retomando a Eq. 8 e substituindo o valor do campo magnético da Eq. 14, encontraremos a seguinte equação:

$$\frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{1}{Z} \frac{\partial E_y}{\partial z} \right) - \eta E_y = 0 \rightarrow \frac{1}{Z} \frac{\partial^2 E_y}{\partial z^2} - \eta E_y = 0.$$

Multiplicando a equação anterior pela impeditividade (Z), resultará em: $\frac{\partial^2 E_y}{\partial z^2} - Z\eta E_y = 0$. Substituindo $k^2 = -Z\eta$, chegaremos ao seguinte resultado:

$\frac{\partial^2 E_y}{\partial z^2} + k^2 E_y = 0$. Lembrando das condições consideradas, teremos:

$$\frac{d^2 E_y}{dz^2} + k^2 E_y = 0 \quad (16).$$

A Eq. 16 corresponde a Equação de Helmholtz, cuja solução é a apresentada abaixo.

$$E_y(z) = E_0 e^{-ik|z|} \begin{cases} E_0 e^{-ikz}, & z > 0 \\ E_0 e^{ikz}, & z < 0 \end{cases}$$

A Eq. 15 também corresponde a Equação de Helmholtz, de solução análoga a anterior:

$$H_y(z) = H_0 e^{-ik|z|} \begin{cases} H_0 e^{-ikz}, & z > 0 \\ H_0 e^{ikz}, & z < 0 \end{cases}$$

3 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao observarmos as soluções da Equação de Helmholtz, há uma variação que ocorre de forma senoidal no tempo e no espaço [1]. Uma função que varia, simultaneamente, no tempo e no espaço é chamada de onda, independentemente se a variação for senoidal ou não. Desta forma a equação de Helmholtz corresponde a uma equação da onda. Conforme Rijo [1] para os resultados apresentados a onda é denominada de plana uniforme. Ela é plana pelo fato da frente de onda ser paralela ao plano xy [2]. Pelas condições consideradas, para um meio ilimitado, homogêneo e isotrópico, a onda variar apenas na direção z, é que faz com que seja chamada de uniforme [1].

AGRADECIMENTOS

Jefferson Nascimento agradece à FAPESB por meio do apoio financeiro parcial recebido através da bolsa de doutorado (BOL170/2015).. Marcelo A. Moret agradece ao CNPq pelo suporte financeiro parcial oriundo de sua bolsa de Produtividade em Pesquisa (No. 304454/2014-1)..

Este artigo é uma **Homenagem Póstuma** ao professor Rijo.

REFERÊNCIAS

[1] RIJO, L. **ELECTRICAL GEOPHYSICS 1-D Earth Direct Modeling**. UFPA, Belém, 2004.

REDES COMPLEXAS E SOCIAIS COMO FERRAMENTAS PARA O ESTUDO DE UM SISTEMA COMPLEXO BASEADO EM *KEYWORDS* DE PRODUÇÕES CIENTÍFICAS

Data de aceite: 01/02/2022

Jefferson Oliveira do Nascimento

Universidade Federal do Amazonas (INC/UFAM), Benjamin Constant, AM; Programa de Modelagem Computacional, CIMATEC Salvador, BA, Brasil

Hernane Borges de Barros Pereira

Universidade do Estado da Bahia, Programa de Modelagem Computacional, CIMATEC, Salvador, BA, Brasil

Marcelo Albano Moret

Universidade do Estado da Bahia, Programa de Modelagem Computacional, CIMATEC, Salvador, BA, Brasil

RESUMO: Dentre as diversas características pertencentes aos sistemas complexos, destacamos as interações entre as várias entidades que o constituem, ocorrendo então a emergência de propriedades que resultam no comportamento do todo. Quando temos um texto, as entidades correspondem as unidades significantes ou palavras, e as suas interações ocorrem por meio das sentenças do texto. Este artigo tem como objetivo apresentar um sistema complexo verificado por meio da Teoria de Redes, através de redes semânticas baseadas em palavras-chave, que analisa a evolução do Ensino de Física nacional entre os períodos de 1992-2006. Apresentamos o método de construção das redes semânticas observando as nuances de pré-processamento dos dados e a modelagem computacional propriamente dita

com a utilização de softwares para construção e visualização das redes. Os índices estatísticos pertencentes a teoria de redes complexas e as medidas de centralidades de grau e proximidade pertencentes às redes sociais são calculados e apresentados (ambos para redes estáticas no tempo).. Pelos padrões apresentados, as redes semânticas topologicamente, caracterizam-se apresentando o fenômeno *Small-World* e há indicativos de que também sejam redes *Scale Free*.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas Complexos, Redes Sociais e Complexas, Redes Semânticas e Ensino de Física.

ABSTRACT: Neste espaço colocar o texto correspondente em inglês. Este item é obrigatório. Among the several characteristics belonging to the complex systems, we highlight the interactions between the various entities that constitute it, occurring then the emergence of properties that result in the behavior of the whole. When we have a text, the entities correspond to the signifying units or words, and their interactions occur through the sentences of the text. This article aims to present a complex system verified through the Network Theory, through semantic networks based on keywords, that analyzes the evolution of the National Physics Teaching between the periods of 1992-2006. We present the method of construction of the semantic networks observing the nuances of data preprocessing and the computational modeling itself with the use of software for the construction and visualization of the networks. The statistical indices belonging to complex networks theory

and the measures of centralities of degree and proximity belonging to social networks are calculated and presented (both for static networks in time).. By the presented standards, the semantic networks topologically, characterize presenting the Small-World phenomenon and there are indicatives that they are also Scale Free networks.

KEYWORDS: Complex Systems, Social and Complex Networks, Semantic Networks and Physics Teaching.

1 | INTRODUÇÃO

A cerca de poucas décadas atrás as diversas áreas científicas possuíam técnicas e características próprias para estudos e análises dos padrões estudados em seus sistemas [1]. Nas palavras da autora este pensamento abrangia das ciências físicas à antropologia, assim como, da economia à biologia. Desde o início dessas pesquisas, em sistemas complexos, apontaram à direção que todos esses sistemas congregavam propriedades universais [1,2]. A investigação dos sistemas complexos ocorre por meio do formalismo matemático de sistemas dinâmicos, através de equações diferenciais, equações por meio de diferenças, mapas logísticos, autômatos celulares, redes dinâmicas (teoria de redes), etc. (ibidem), cuja ferramenta fundamental é a utilização de recursos computacionais [3]. A teoria de Redes Complexas e Redes sociais correspondem a formas de estudarmos sistemas complexos [3].

Inspirados em Nascimento et al. [3] e Nascimento, Pereira e Moret [4], a presente pesquisa tem como objetivo apresentar um sistema complexo, verificado por meio da Teoria de Redes, através de redes semânticas baseadas em *Keywords* (palavras-chave). de produções científicas. As análises realizadas são aplicadas, na temática do Ensino de Física nacional, entre os períodos de 1992-2006.

Este artigo está organizado em 5 seções. Na próxima, apresentaremos os materiais e métodos que utilizamos para construção da rede semântica. Na terceira, os resultados encontrados por meio das análises das redes semânticas. Na quarta seção, as considerações finais do presente artigo. Na última sessão, as referências utilizadas na elaboração deste artigo.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A base de dados para a construção e análise das redes semânticas são os disponibilizados em Salem e Kawamura [5,6]. Conforme a Teoria de Redes, para representarmos uma determinada rede semântica, utilizaremos os princípios pertencentes à Teoria dos Grafos. Sendo assim, um grafo $G = (V, E)$. consiste em uma estrutura matemática composta por dois conjuntos: o conjunto de vértices (V), que é finito e não vazio). e, o conjunto das arestas (E), as relações binárias sobre V). [7]. Os índices estatísticos pertencentes à Teoria dos Grafos utilizados utilizamos na observância das redes semânticas, da presente pesquisa são:

A rede semântica da Figura 1 apresenta os tamanhos dos vértices e os seus respectivos nomes proporcionais em tamanho, aos valores medidos da centralidade de grau (medida de importância de um vértice por meio das conexões com vértices vizinhos).. Na Tabela 2 estão disponíveis os índices de redes complexas conforme a Tabela 1, verificados para a rede semântica da Figura 1:

Rede	Índices	Valor	Índices	Valor
<i>Keywords</i>	$n = V $	97	Quantidade de componentes	4
	$m = E $	276	$\langle k \rangle$	5,691
	Δ	0,059	C_{ws}	0,743
	L	3,036	D	6
Keywords (Maior Componente).	$n = V $	85	Maior Componente (%)	87,63
	$m = E $	255	$\langle k \rangle$	6
	Δ	0,071	C_{ws}	0,711
	L	3,048	D	6
Rede aleatória equivalente.	$n = V $	85	Maior Componente (%)	100
	$m = E $	226	$\langle k \rangle$	6
	Δ	0,073	C_{ws}	0,082
	L	2.6053	D	5

Tabela 1: índices pertencentes às redes complexas.

A rede semântica baseado em palavras-chave para o período de 1996-2006, bem como seus respectivos índices estão presentes nas pesquisas de Nascimento, Pereira e Moret (2017). [4] e Nascimento et al. (2018). [9]. A rede semântica da Figura 2 é a correspondente ao período total, 1992-2006 e, apresenta os vértices com maiores centralidades de grau em seu centro (alguns estão destacados e nomeados).. Os vértices mais distantes do centro, correspondem aos que apresentam os menores valores de centralidade de grau.

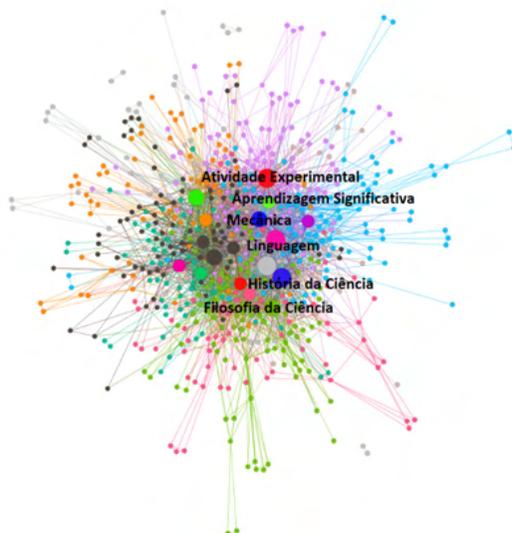


Figura 2: Rede semântica baseada em palavras-chave de dissertações e teses em Física (ensino)..
 Fonte: Do autor.

A rede semântica da Figura 1 foi construída de modo a apresentar em seu centro os vértices (palavras-chave). com maiores números de conexões na rede. Alguns dos vértices mais conectados na rede, estão presentes na Figura 1. Os vértices mais conectados na rede apresentam maiores importâncias (medida de centralidade de grau, pertencente às redes sociais).. Na Tabela 2 estão disponíveis os índices de redes complexas apresentados na Tabela 1, verificados para a rede semântica da Figura 2:

Rede	Índices	Valor	Índices	Valor
Keywords	$n = V $	664	Quantidade de componentes	4
	$m = E $	2931	$\langle k \rangle$	8,828
	Δ	0,013	C_{ws}	0,723
	L	3,048	D	6
Keywords (Maior Componente).	$n = V $	657	Maior Componente (%)	98,95
	$m = E $	2926	$\langle k \rangle$	8,907
	Δ	0,014	C_{ws}	0,722
	L	3,048	D	6

Rede aleatória equivalente.	$n = V $	657	Maior Componente (%).	100
	$m = E $	2966	$\langle k \rangle$	8,907
	Δ	0.013	C_{ws}	0,016
	L	3,189	D	5

Tabela 2: índices pertencentes às redes complexas.

Seguindo os nortes fornecidos por Watts e Strogatz [10], realizamos uma comparação entre as redes semânticas baseadas em palavras-chave (componente gigante). e as suas redes aleatórias equivalentes (uma rede com o mesmo número de vértice e grau médio).. Observando a Tabela 1, a Tabela 2 e a comparação similar realizada em Nascimento, Pereira e Moret [4] percebemos que as redes apresentaram valores próximos para o caminho mínimo médio (L).. Os coeficientes de aglomerações médios (C_{ws}). das redes semânticas apresentaram valor elevado em comparação com o coeficiente de aglomeração da rede aleatória equivalente. Desta forma, as redes semânticas apresentam o fenômeno *Small-Word*: elevada aglomeração local e baixas geodésicas. A distribuição de graus das redes semânticas da Figura 2 e Figura 3 são os apresentados a seguir:

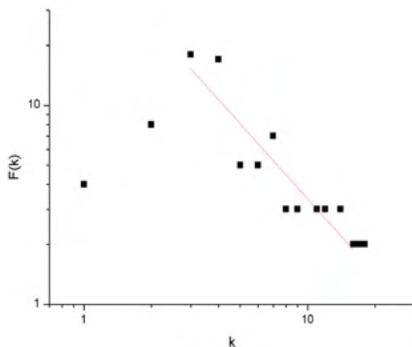


Figura 3: Distribuição de graus da rede semântica baseada palavras-chave no período de 1992-1995 (com $\gamma = 1,25214$ e o ajuste $R^2 = 0,8045$)..

Fonte: Do autor.

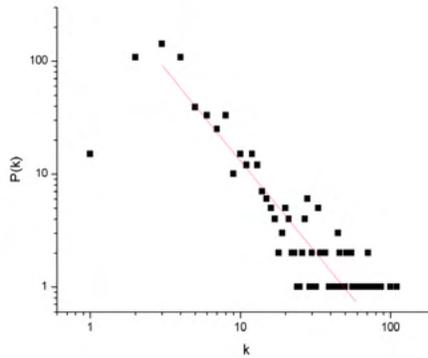


Figura 4: Distribuição de graus da rede semântica baseada em resumos (com $\gamma = 1,619$ e o ajuste $R^2 = 0,83504$).

Fonte: Do autor.

Conforme as Figura 3 e Figura 4, a topologia das redes semânticas, sugerem seguir uma lei de potência da forma $F(k) = P(k) \sim k^{-\gamma}$, características de redes *Scale Free* (rede livre de escala). [12]. Uma rede pode apresentar o fenômeno Small-World e ser Scale-Free concomitantemente. Ambos as características são possíveis, pois, estas redes não apresentam características de exclusão entre si. A presença de hubs ocorre nessas redes e, elencamos os vinte primeiros vértices mais conectados na rede semântica da Figura 2:

Vértices (V).		Grau (k).	Vértices (V).		Grau (k).
1	História da Ciência	110	11	Concepção do professor	59
2	Livro didático	100	12	Aprendizagem Significativa	56
3	Atividade Experimental	87	13	Formação inicial de professores	55
4	Linguagem	81	14	Currículo	55
5	Formação continuada de professores	75	15	Física moderna e contemporânea	51
6	Formação de professores	71	16	Concepções espontâneas	51
7	Mecânica	71	17	Concepção do aluno	50
8	Filosofia da Ciência	70	18	Epistemologia	48
9	Proposta didática	69	19	Mudança conceitual	47

10	Prática docente	64	20	Interdisciplinaridade	46
----	-----------------	----	----	-----------------------	----

Tabela 3: Centralidade de Grau dos vinte vértices (hubs), mais conectados na rede semântica (1992-2006).. Fonte: Do autor.

Conforme os dados elencados na Tabela 3, há indícios que a rede semântica baseada em palavras-chave para o período de 1992-2006, apresentou uma tendência, pelos seus *hubs* que objetivaram: a formação do professor de física; teorias de aprendizagens, com o destaque para a Teoria de David Ausubel; o foco de pesquisas voltadas à educação básica e uma forte presença de trabalhos desenvolvidos relacionadas com a história e filosofia das ciências.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa apontou um sistema complexo representando por redes semânticas complexas e sociais presentes baseadas em palavras-chave de dissertações e teses em Física (ensino).. Os resultados indicaram que as redes apresentam o fenômeno Small-World e sugerem ser redes Scale Free. O coeficiente angular γ da lei de potência sugerido por Barabási e Albert [12] é $\gamma \geq 2,1$ e $\gamma \leq 4$. Porém, redes Scale Free com γ menor do que o sugerido é recorrentemente encontrado em obras científicas, como Fadigas et al. [13], Seyed-allaei et al. [14] e Nascimento et al. [9].

Em relação a temática do Ensino de Física nacional as redes semânticas apresentaram algumas tendências. A formação de professores, metodologias de ensino e a educação básica foram alguns dos destaques presentes nas redes.

AGRADECIMENTOS

Jefferson Nascimento agradece à FAPESB por meio do apoio financeiro parcial recebido através da bolsa de doutorado (BOL170/2015).. Marcelo A. Moret agradece ao CNPq pelo suporte financeiro parcial oriundo de sua bolsa de Produtividade em Pesquisa (No. 304454/2014-1)..

REFERÊNCIAS

[1] TEIXEIRA, Gesiane M. **Redes Semânticas em discursos orais**: Uma proposta metodológica baseada na psicologia cognitiva utilizando redes complexas. 2007. 118 f. Dissertação (Mestrado Interdisciplinar em Modelagem Computacional), - Centro de Pós graduação e Pesquisa da Fundação Visconde de Cairu. Fundação Visconde de Cairu, Salvador, 2007.

[2] CUNHA, M.V. Redes semânticas baseadas em títulos de artigos científicos. 127f. Dissertação (Mestrado em modelagem computacional e tecnologia industrial). – Faculdade de Tecnologia Senai CIMATEC, Salvador, 27 nov. 2013.

- [3] NASCIMENTO, J. O. do; PEREIRA-GUIZZO, C. S.; MOREIRA, D. M.; MONTEIRO, R. L. S.; PEREIRA, H. B. B.; MORET, M. A.; “Redes Sociais e Complexas: um modelo computacional para a investigação da pós-graduação Brasileira em Ensino de Física”, p. 110-114 . In: **Anais do VII Encontro Científico de Física Aplicada [Blucher Physics Proceedings, v.3 n.1]**. São Paulo: Blucher, 2016. ISSN 2358-2359, DOI 10.5151/phypro-vii-efa-027.
- [4] NASCIMENTO, J. O. do.; PEREIRA, H. B. B.; MORET, M. A.; “Redes semânticas baseadas em palavras-chave do Ensino de Física Brasileiro: uma comparação nos métodos de pré-processamento dos dados”, p. 122-127 . In: . São Paulo: Blucher, 2017. ISSN 2358-2359, DOI 10.5151/phypro-viii-efa-28.
- [5] SALEM, S.; KAWAMURA, M. R. D. Ensino de Física no Brasil: catálogo analítico de dissertações e teses (1972-1992).. São Paulo: Instituto de Física da USP / PROFIS, 1992. 243 p.
- [6] SALEM, S.; KAWAMURA, M. R. D. Ensino de Física no Brasil: catálogo analítico de dissertações e teses (1992-1995). São Paulo: s.n, 1996
- [7] GROSS, J. L.; YELLEN, J. Graph theory and its applications. CRC press, Boca Raton FL USA 2005.
- [8] PEREIRA, H. B. B. et al. Density: A measure of the diversity of concepts addressed in semantic networks. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 441, p. 81-84, 2016.
- [9] NASCIMENTO, J. O. do; MONTEIRO, R. L. S.; MOREIRA, D. M.; MORET, Marcelo A.; PEREIRA, H. B. B. Semantic networks of keywords from Brazilian dissertations on physics teaching. **Discontinuity, Nonlinearity and Complexity**, 2018. (PRELO)..
- [7] NASCIMENTO, J. O. do; MONTEIRO, R. L. S.; MOREIRA, D. M.; MORET, Marcelo A.; PEREIRA, H. B. B. Semantic networks of keywords from Brazilian dissertations on physics teaching. **Discontinuity, Nonlinearity and Complexity**, 2018. (PRELO)..
- [8] SALEM, S.; KAWAMURA, M. R. D. Ensino de Física no Brasil: catálogo analítico de dissertações e teses (1972-1992).. São Paulo: Instituto de Física da USP / PROFIS, 1992. 243 p.
- [9] SALEM, S.; KAWAMURA, M. R. D. Ensino de Física no Brasil: catálogo analítico de dissertações e teses (1992-1995). São Paulo: s.n, 1996
- [10] GROSS, J. L.; YELLEN, J. Graph theory and its applications. CRC press, Boca Raton FL USA 2005.
- [11] WATTS, Duncan J.; STROGATZ, Steven H. Collective dynamics of ‘small-world’ networks. *Nature*, v. 393, n. 6684, p. 440-442, 1998.
- [12] BARABÁSI, A. L. E ALBERT, R.. “*Emergence of scaling in random networks*”. *Science*, n. 286, pp. 509-512, 1999.
- [13] FADIGAS, I. S, CASAS, T. H. P, SENNA, V, MORET, M. A, PEREIRA, H. B. B. “Análise de redes semânticas baseada em títulos de artigos de periódicos científicos: o caso dos periódicos de divulgação em educação matemática”. **Educação Matemática Pesquisa**, 11, p. 167-193, 2009.
- [14] SEYED-ALLAEI, H, BIANCONI & M, G. MARSILI. Scale-free networks with an exponent less than two. *Phys. Rev. E* 73, 046113, 2006.

CAPÍTULO 10

VAMOS DE SAFARI POR LA SABANA MATEMÁTICA + NEUROCIENCIAS + INTELIGENCIAS MÚLTIPLES = NUEVA EXPERIENCIA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Data de aceite: 01/02/2022

Data de submissão: 14/12/2021

Adriana Mónica Gandolfi

Instituto San José – Burzaco – Provincia de
Buenos Aires
República Argentina

RESUMEN: Pensar la Matemática para enseñarla de una manera diferente, es un desafío permanente al que todo docente debe enfrentarse si desea lograr un aprendizaje motivado, fluido, dinámico, cooperativo, colaborativo, que dé sentido a lo que se aprende. Sostener los cálculos algebraicos y/o numéricos claros y precisos, porque así lo exige esta ciencia a través de métodos convencionales, donde el recurso creativo del alumno está limitado a su aplicación para responder a las situaciones planteadas, no interesa a nuestra población estudiantil de hoy. Pero... ¿Cómo podrá motivarse al alumno para lograr el aprendizaje de esta disciplina tan rígida y estructurada, si está permanentemente influenciado por el desarrollo tecnológico? Si la tecnología es parte de sí, ¿por qué aun con las TICs entre medio, le sigue generando dificultades aprenderla y a nosotros evaluarla? Con el soporte neurocientífico, la consideración de las inteligencias múltiples y las características evolutivas y generacionales, pueden surgir distintas maneras de enseñar y aprender. Proponer proyectos innovadores, que despierten el espíritu de lograr el desarrollo de habilidades y capacidades mediante juegos que

generen en el alumno no solo confianza en sí mismo, sino vínculos con sus pares y recursos creativos para dar respuesta a lo propuesto o emergente, es el propósito de esta ciencia en la escuela para el mundo de hoy.

PALABRAS CLAVES: estímulo, deseo, acción, aprendizaje.

ABSTRACT: To think about teaching mathematics in a different way is a permanent challenge which all teachers must face if motivating, dynamic, cooperative, collaborative and meaningful learning is to be achieved. To uphold clear and precise algebraic and/or numerical calculations, because this is what this science requires through its conventional methods, is no longer of interest to our student population since their creative resources are limited to the application of those methods to resolve posed situations. How could the student be motivated to learn this science which is so rigid and structured, when he/she is constantly influenced by technological development? If technology is already a part of them, why is it still difficult to learn mathematics and why is it still difficult to assess? With neuroscientific support, the consideration of multiple intelligences and the evolutionary and generational characteristics of our students, new ways of teaching and learning may be generated. It is the purpose of this school science in today's world to propose innovative projects that raise the spirit to develop the abilities and skills through games, which help students to build not only self-assurance but also bonds with their pairs and creative resources in answer to posed problems.

KEYWORDS: stimulus, wish, action, learning.

1 | INTRODUCCIÓN

El mundo de hoy se mueve entre la innovación, la creatividad, los trabajos en equipo y con la tecnología a disposición que avanza permanentemente. Para lograr esta conjugación de acciones a través del uso tecnológico, se debe disponer de conocimiento, de saber, o sea se necesita haber aprendido.

Frente a este panorama actual que nos invade, la enseñanza y el aprendizaje de la matemática no pueden quedarse anclados en el método y estructura de la propia ciencia de antaño, sino que debe ofrecer herramientas y destrezas para el hacer cotidiano en cualquier ámbito. También debe erradicar el sentimiento de frustración y aburrimiento que, por generaciones, hereda el acercamiento a estos saberes; la frustración que siente el alumno por no lograr lo esperado por el docente y el aburrimiento que experimenta el alumno por no encontrarle sentido a lo que el docente propone y él debe aprender.

Es común denominador saber que toda área siempre presentará propuestas que despertarán la atención e interés en el aprendiz, y otras que, al no lograrlo, los desmotivarán a comprometerse con ella, y es aquí donde la matemática está en general presente.

Todo esto llevo a indagar los motivos por los cuales, a los alumnos de hoy de nuestro nivel secundario, antesala a una formación futura ya sea terciaria o universitaria, se enfrentan a un callejón oscuro a la hora de abordarla.

2 | LA ADICIÓN QUE ASOMBRÓ

Transcurría el ciclo de un segundo año de la escuela secundaria básica, donde la apatía hacia los números y las formas era demasiado perceptible, y lo evidenciaba la actitud y el resultado de las propuestas que se daban en el aula.

Teniendo en cuenta que no es dato menor esta reacción emocional en ese contexto, se trató de pensar un proyecto a través del cual se pudiera estimular y activar el proceso del aprendizaje desde una perspectiva innovadora, recreativa y lúdica.

Coincidiendo con la idea de que ...” *somos seres emocionales que razonan*” según lo expresa el Dr. López Rosetti, D, en su libro *Emoción y Sentimientos*, se propuso un safari matemático, como punto de partida de esta operatoria, con la idea de que el alumno vivenciara, fuera del contexto áulico, lo supuestamente aprendido. El impacto del planteo, generó una reacción física que se reflejó ampliamente en sus rostros, despertando el interés por llevarlo a cabo.

Pero este trabajo no solo implicaba, a través de la imaginación y el juego, mostrar qué tanto se había adquirido durante el año, sino que además comprometía una tarea en equipo, donde las habilidades y las capacidades estarían también en observación.

Si la matemática que se ofrece en la escuela tiene por finalidad brindar herramientas para la vida, se hacía necesario y oportuno poner en práctica esta idea en el proceso del

aprendizaje, separando a los alumnos de los registros de representación a los que estamos acostumbrados los docentes de esta área.

Algo importante que sumó a este proyecto y sorprendió a los alumnos fue el uso del celular como herramienta de aprendizaje, cuando aún no estaba muy aceptada su utilización en las escuelas.

Si se tiene en cuenta el concepto de aprendizaje desde la neurociencia como *“un conjunto de procesos a través de los cuales nuevos conocimientos y experiencias modifican el sistema nervioso y la conducta”*, esto significa que se produce una comunicación neuronal que tiende nuevas redes o refuerza las ya existentes, para lo cual la memoria se hace imprescindible. Aquí no se habla del aprendizaje de memoria sino de la memoria del aprendizaje que es esencial para traer saberes al presente, trabajarlos, ampliarlos y volver a guardarlos hasta la próxima situación donde sean requeridos. Deberá tenerse presente que para que esa comunicación neuronal se desarrolle eficientemente, será necesario tener presente el contexto donde se pretende dar lugar. Abrir las ventanas que despierten y sostengan la atención, será sumamente importante. Si la actividad física está ampliamente contemplada entre las actividades que comprometen al cerebro, poner al alumno en una actividad al aire libre donde el movimiento estará presente, era un muy buen elemento aditivo para lograr todo lo anterior.

Para llevar a cabo esta excursión matemática se propuso a los alumnos trabajar en parejas, donde elegirían libremente a sus compañeros, comunicando sus decisiones. Como toda expedición, debían aceptar y respetar las condiciones propuestas, teniendo en cuenta el espacio habilitado para dicha actividad y el tiempo estipulado, que consistía en dos horas de clases (120 minutos)..

Los alumnos deberían contar en sus mochilas con sus carpetas y otros útiles escolares que consideraran necesarios, sus carpetas, el celular, aunque solo se permitía el uso de uno por pareja. Se sugirió disponer también de hilo, tijera y cinta adhesiva. Como toda experiencia exploratoria era necesaria el agua (fundamental para el cerebro), galletitas y un sombrero, pues a fines de octubre el sol y el calor podían afectarlos y el espacio donde se desarrollarían las actividades tenía escasa sombra.

Se les entregó como guía, un listado de 24 consignas aritmético/geométricas, que debían resolver a través de la captura de imágenes que respondieran a lo pedido, los recursos creativos que pudieran solucionar los inconvenientes emergentes y las estrategias utilizadas para hallar respuestas. La fotografía sería el disparador de todo lo demás. Las decisiones debían discutirse y definirse solo entre los integrantes de cada equipo y se solicitaba el respeto del orden de llegada a cada posta donde hubiera más concurrentes.

Con todo dispuesto apareció en los alumnos el deseo de dar inicio a este safari. Los rostros se iluminaron con una sonrisa diferente, emergente del cerebro límbico, que es la estructura cerebral que tiene a su cargo las respuestas emocionales. A raíz de esto, se activaron los neurotransmisores felices que están presentes en el aprendizaje, tal como

los define y describe el Dr. Rosler en la revista *Descubriendo el cerebro y la mente*. Estos encendieron el motor de la motivación en cada uno. La dopamina despertó la curiosidad y la exploración sobre una propuesta innovadora, también se activó la oxitocina, encargada de aumentar la seguridad en sí mismos, la serotonina, que les permite sentir el respeto de otros y la endorfina que permite desplazar el dolor que pudiera sentir el alumno cuando no alcanza lo que otros si logran.

Dar al alumno la libertad de moverse por el espacio cotidiano para sus tiempos de dispersión y oxigenación, convertido en aula abierta y donde cada pareja tiene el libre albedrío de resolver las consignas de la manera que lo determinen de común acuerdo entre ellos y, a su vez, la libertad de distribuirse los roles de acuerdo a sus capacidades y habilidades, dejará al descubierto las distintas inteligencias que se ponen de manifiesto y que los hacen diferentes (nos hacen diferentes), las que podrán ser percibidas si se agudiza la observación del docente durante el desarrollo del proyecto y en la producción final.

Iniciada la actividad, los alumnos la desarrollaron con pleno compromiso. Con su guía en la mano comenzaron a observar el paisaje cotidiano de una manera diferente. Buscaban, señalaban, conversaban, pensaban, escribían, tomaban imágenes, las observaban y las analizaban, tomaban otras. Hubo pocas consultas, pero, aun así, dejaron traslucir la activación de un razonamiento que, en el contexto áulico, dudo que hubiera tenido lugar.

La actividad al aire libre transcurrió en plena armonía, orden y responsabilidad. Todo fue respetado y cada pareja se mostraba involucrada ampliamente en su tarea.

Finalizado este periodo, como todo retorno de un paseo o excursión, se revisaron las fotos tomadas y se revivió la experiencia, por tal motivo, se les otorgó a los alumnos sesenta minutos más para que, respetando el trabajo en el equipo conformado, se intervinieran las imágenes señalando lo que sería la respuesta a la consigna correspondiente, que debía estar claramente indicada en ella. Todo este material fotográfico, más los elementos no convencionales utilizados para dar respuesta a aquellas consignas donde fueron necesarios y las soluciones propuestas, tenían que presentarse en folio, pero también, las imágenes debían ser enviadas por mail identificándolo con el número que le fuera asignando al comienzo a cada pareja. Este periodo también fue muy aprovechado.

Para que pueda comprenderse, se comparte un breve compilado de algunas imágenes producidas por los alumnos en esta actividad para observar los productos de lo que se estuvo desarrollando y del trabajo posterior.

pero también, es fundamental para su cerebro, ya que su corteza prefrontal está en pleno proceso de maduración, por lo que sus funciones ejecutivas, que son actividades mentales complejas, tales como la organización, planificación, guía, revisión y otras, se desarrollan con mucha dificultad. El resultado, una enseñanza diferente, ya que abrió ventanas que impactaron, les sostuvo la atención, los comprometía a desarrollar capacidades en equipo, porque el mundo de hoy así lo necesita. Se observaron las presencias de alguna de las diferentes inteligencias o capacidades. La lingüística, estuvo presente a través de la retórica, la explicación, la mnemotecnica y el metalenguaje. La lógica-matemática, relacionada con el uso eficiente de los números y el razonamiento, se puso de manifiesto en las acciones de deducir, generalizar, categorizar, crear hipótesis y probarlas, clasificar, todo dentro del nivel madurativo correspondiente a este nivel educativo. La espacial, que es la capacidad que permite percibir al mundo desde el color, las líneas y las formas, en este caso, se mostró a través de la percepción del espacio cotidiano del patio de la escuela como expedicionarios cazadores matemáticos. La inteligencia cinético-corporal, referente al conocimiento y dominio del propio cuerpo y la adaptación del mismo al medio ambiente y a las necesidades, también se hizo presente con el manifiesto de la capacidad propioceptiva. La inteligencia intrapersonal, estuvo reflejada en la permanente motivación, autoestima elevada, estado de ánimo positivo, la autodisciplina y el deseo por alcanzar los objetivos en cada estudiante. La inteligencia interpersonal, se mostró a través de las respuestas adecuadas y prácticas a las expresiones faciales, voces y gestos percibidos. Todas estas capacidades que se han puesto en acción, son vías de acceso eficaces y apropiadas para la comprensión de los contenidos involucrados que se han mostrado por medio de variadas representaciones.

La matemática es conocimiento, y ese conocimiento se transformó en herramientas para solucionar problemas, por lo tanto, debemos presentarlas para que nuestros alumnos sepan elegir las y combinarlas a través de un proceso lógico matemático adecuado a su nivel madurativo y abierto a diferentes posibilidades. Si a ellas se las une en proyectos innovadores que articulen los contenidos con las nuevas tecnologías que involucran e interesan al alumno, los alentará a encontrar motivación en los aprendizajes que se presenten como también descubrir que esa tecnología los puede acercar a nuevos horizontes del saber cultural matemático.

La tecnología estuvo siempre presente entre el hombre. Existen varias pruebas arqueológicas que muestran como éste desde sus comienzos llevó a cabo registros numéricos, tal el caso de un hueso de peroné de un babuino con muescas de conteo, que se estima de unos 35.000 años a.c, encontrado en el sur de África. En consecuencia, no debería ser un obstáculo crear proyectos que involucren las nuevas tecnologías que van influenciando al adolescente actual y desafían al propio docente, en un mundo globalizado y dinámico.

La matemática debe desarrollar las capacidades cognitivas ofertando propuestas

significativas, adaptadas al paradigma de vida, que capturen la atención, siempre vinculadas a saberes previos, que impacten, que se comprendan fácilmente, que lleve a hacer, desarrollando un diálogo interno y un diálogo con el otro, de esta manera, se estará erradicando el poder del olvido y alcanzando una enseñanza satisfactoria.

La adición de vamos de safari por la sabana matemática, neurociencias y las inteligencias múltiples arrojó la suma del desafío de enseñar y las emociones de aprender.

SAFARI MATEMATICO EN EL PATIO DEL COLEGIO SAN JOSE

Contingente: 2º C.E.S.

Lugar: Patio del Colegio San José

Fecha: 1º de noviembre de 2016

Horario: 3º y 4º hora

Guía: Prof. Adriana M. Gandojff

Requisitos:

- ✓ Muy buena voluntad de trabajo en equipo.
- ✓ Respetar los límites espaciales establecidos, y los carteles indicadores, si existieran.
- ✓ Guardar el mayor orden a fin de no distraer o molestar a otros grupos.
- ✓ Cuidar los efectos personales.
- ✓ No dejar basura en el suelo, tirando lo que considere innecesario en los cestos dispersos por el camino.
- ✓ Dialogar en voz baja solo con su compañero/a de pareja, con la intención de no molestar a los demás.
- ✓ Solo compartirán lo elementos por pareja, debiendo ser creativos para buscar la respuesta ante la falta de alguno de ellos (siempre es posible, aclarando como se solucionó)
- ✓ El recorrido deberá efectuarse en orden pero con dinamismo, alegría, respeto y responsabilidad.
- ✓ El plano dibujado abajo, determina los límites del espacio permitido para el desarrollo del safari.
- ✓ Queda terminantemente prohibido hacer uso de las ventanas y pasadizos señalizados con una cruz roja
- ✓ El sector 1 corresponde a la Gruta de la Virgen de Lourdes, en donde no podrá invadirse dicho espacio, ni tocar nada de lo existente ni dejar desechos.
- ✓ El sector 2 corresponde a los juegos, los cuales no podrán ser utilizados en absoluto, excepto para captura de imágenes o realizar mediciones si fuera necesario
- ✓ Todo lo existente sobre el suelo y paredes de este espacio, o en los exteriores, sin traspasar los límites establecidos, podrán ser fotografiados con la finalidad de la realización del trabajo.

- ✓ El alumno/s que no cumpliera con lo establecido arriesga a su equipo en ser multado con una ubicación fija establecida por la guía para continuar su trabajo, además de influir en la calificación de la pareja.
- ✓ El ingreso y egreso al Safari solo se realizará por el acceso A y con la compañía de la guía.
- ✓ De coincidir en un lugar más de una pareja para la actividad, se respetará el orden de llegada y se mantendrá el orden, no pudiendo conversar entre las parejas.



Detalle de los requisitos presentados a los alumnos, antes de iniciar la actividad.

Pareja N°

Apellidos:

CONSIGNAS DEL SAFARI:

- ✓ Observar detenidamente el paisaje para encontrar todo lo solicitado.
- ✓ Completar esta guía con la información hallada de acuerdo a lo solicitado, lo cual podrán hacerlo con lápiz o bósme. Esta guía deberá entregarse junto con la producción final del trabajo.
- ✓ Fotografiar todo aquello que sea ejemplo de la respuesta dada.
- ✓ Ninguna respuesta podrá presentarse sin imagen y ninguna imagen sin referencia
- ✓ Todos los ítems deben ser cumplidos completamente.

1) Identificar un entero fraccionado: determinar en cuantas partes está dividido y escribir la fracción correspondiente a una de esas partes

2) Un entero dividido en cuatro partes iguales.

3) Obtener una imagen que represente a 36 unidades de área.

4) Un par de rectas secantes

5) Un par de rectas paralelas

6) Un par de rectas alabeadas. Definir.

7) Un par de rectas perpendiculares

8) Captura y mide la longitud de un segmento.

9) Un ángulo de 90° y un ángulo de 180° .

10) Un ángulo agudo y un ángulo obtuso.

2

"SAFARI MATEMÁTICO EN EL PATIO DEL COLEGIO SAN JOSÉ" 2º Año C.E.S.
Profesora: Adriana M. Gandolfi

11) Un par de ángulos que solo comparten el vértice y sus lados son semirrectas opuestas. Nombrar.

12) Identificación, medición y clasificación del ángulo que forma un sube y baja con el piso.

13) Una figura de cuatro lados iguales. Definir.

14) Representaciones de triángulos: recuerda sus características y clasificaciones

15) Encontrar la representación de una figura de cuatro lados, que tiene un par de lados opuestos paralelos y un par de ángulos rectos. Nombrar

16) Una figura de 5 lados. Nombrar

17) Un arco de circunferencia. Definir

18) La mitad de una circunferencia. Definir.

19) Buscar la imagen que represente a un paralelogramo con ángulos rectos. Definir.

20) Una superficie cuadrada. Definir y Calcular el área. (Detallar como la calcularon.)

21) Encuentra y mide el radio de un cuarto de circunferencia.

22) Capturar un círculo. Definir.

23) Capturar la imagen de la recta trazada sobre el patio de la escuela y dar su longitud.

24) Capturar una imagen cualquiera y luego marcar en ella todos los contenidos trabajados en clase que se puedan identificar. (tratar que sean la mayor cantidad posible)

3

"SAFARI MATEMÁTICO EN EL PATIO DEL COLEGIO SAN JOSÉ" 2º Año C.E.S.
Profesora: Adriana M. Gandolfi

Descripción de las consignas de las actividades a desarrollar.

REFERENCIAS

Armstrong, Thomas. (2017). **Inteligencias múltiples en el aula. Guía práctica para educadores.** Fundamentos de la Teoría de las Inteligencias Múltiples -Cap. 1, pp 17-20. Editorial Paidós-Barcelona-España.

Dirección General de Cultura y Educación. (2007).. **Diseño Curricular para la Educación Secundaria 2º Año (SB)**, Matemática, pp 295-306.- Provincia de Buenos Aires-Argentina.

Gandolfi, Adriana Mónica. (2013). **Entrenemos al cerebro para un mejor aprendizaje.** Monografía Asociación Educar - Disponible en: <https://www.asociacioneducar.com/monografias-docente-neurociencias/monografia-neurociencias-adriana.monica.gandolfi.pdf>.

Gardner, Howard & Davis, Katie. (2014). **La generación app-** Hablemos de tecnología- Cap. 2, pp 29-46. Editorial Paidós-Buenos Aires-Argentina.

Gardner, Howard (2012). **La educación de la mente y el conocimiento de las disciplinas** – Las inteligencias múltiples y la enseñanza para la comprensión – Cap. 9, pp 212-242. Editorial Paidós-Barcelona-España.

Herbillon, V. (2016). **Más atentos en clase**. Revista de psicología y neurociencias *Mente & Cerebro* N° 81-pp. 10/13. Prensa Científica, S.A.-Barcelona-España.

López Rosetti, Daniel (2017). **Emoción y sentimientos**– Las emociones: lo que Darwin nos legó-Cap. 2, pp 33-59. Editorial Planeta-Ciudad Autónoma de Buenos Aires-Argentina.

Manes, Facundo & Niro, Mateo. (2014).. **Usar el Cerebro**. Capítulo I, pp.64-65. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Grupo Editorial Planeta.

Mankiewicz, Richard. (2005). **Historia de las matemáticas. Del cálculo al caos**. Año cero-Cap. 1, pp 19-20. Editorial Paidós Ibérica-Barcelona-España.

Moreira, Marco Antonio. (2012).. **La teoría del aprendizaje significativo crítico: un referente para organizar la enseñanza contemporánea**. Unión, Revista Iberoamericana de educación matemática, Numero 31, páginas 9-20.

Pozo, Juan Ignacio. (1997).. **Teorías cognitivas del aprendizaje**. Facultad de Psicología. Universidad de Madrid. Ediciones Morata S L. Capitulo II, pp. 31-33.

Rosler, Roberto. **Sin neurotransmisores felices no hay aprendizaje**. Revista digital Descubriendo el cerebro y la mente N° 80 pp 50-54 Editorial Asociación Educar- Disponible en: https://www.upla.cl/inclusion/wp-content/uploads/2015/06/Descubriendo_el_cerebro_y_la_mente_n80.pdf

REDES SEMÂNTICAS COMPLEXAS BASEADAS EM ABSTRACTS

Data de aceite: 01/02/2022

Jefferson Oliveira do Nascimento

Universidade Federal do Amazonas (INC/UFAM), Benjamim Constant, AM; Programa de Modelagem Computacional, CIMATEC Salvador, BA, Brasil

Hernane Borges de Barros Pereira

Universidade do Estado da Bahia, Programa de Modelagem Computacional, CIMATEC Salvador, BA, Brasil

Marcelo Albano Moret

Universidade do Estado da Bahia, Programa de Modelagem Computacional, CIMATEC Salvador, BA, Brasil

RESUMO: Ao ser elaborada uma obra científica, faz-se necessário a construção e apresentação de seu resumo (*abstract*), correspondendo a uma condensação sucinta do trabalho escrito, expondo de forma direta as nuances apresentadas no corpo do texto. Como possibilidades de buscas de resultados das interações semânticas em produções científicas, a fim de que possamos estudar as propriedades emergentes resultantes destas interações, podemos iniciar as análises utilizando os seus respectivos resumos (*abstracts*). Diante da diversidade de técnicas científicas para o estudo de possíveis padrões que possam ocorrer nos resumos, utilizamos a Teoria dos Grafos e a Teoria de Redes, por meio de redes semânticas complexas. Este artigo tem como objetivo apresentar o método de construção de um modelo computacional baseadas em

resumos de obras científicas, calcular os índices estatísticos das redes complexas e as medidas de centralidades pertence às redes sociais. Verificar a topologia das redes semânticas e as implicações fornecidas pelo modelo computacional para o contexto principal da fonte de dados à área de conhecimento investigada, podendo ser a Física, Ensino de Física, Engenharia, Ciências dos Materiais, etc. Desta forma há uma alta probabilidade de podemos verificar a forma da difusão do conhecimento, nas análises de redes baseadas em resumos

PALAVRAS-CHAVE: Redes Semânticas, Redes Complexas, Redes Sociais, Física.

ABSTRACT: When a scientific work is elaborated, it is necessary the construction and presentation of its abstract, corresponding to a brief condensation of the written work, exposing in a direct way the nuances presented in the body of the text. As possibilities of searching the results of semantic interactions in scientific productions, in order to study the emergent properties resulting from these interactions, we can start the analyzes using their respective abstracts. Faced with the diversity of scientific techniques for the study of possible patterns that may occur in abstracts, we use Graph Theory and Network Theory, through complex semantic networks. This article aims to present the method of constructing a computational model based on abstracts of scientific works, calculate the statistical indexes of complex networks and measures of centralities belongs to social networks. To verify the topology of the semantic networks and the implications provided by the computational model for the main

context of the data source to the researched area of knowledge, being it Physics, Physics Teaching, Engineering, Materials Science, etc. In this way there is a high probability that we can verify the form of the diffusion of the knowledge, in the analyzes of networks based on abstracts

KEYWORDS: Semantic Networks, Complex Networks, Social Networks, Physics.

1 | INTRODUÇÃO

Como possibilidades de buscas de padrões semânticos em produções científicas, podem ser realizados estudos, tendo como base as palavras que constituem os seus títulos, as palavras-chave e os resumos (*abstracts*), tendo como alicerce a Teoria de Redes [1]. O presente artigo tem como objetivo propor um método de estudo em obras científicas, por meio da modelagem computacional. Assim investigar redes semânticas baseadas em resumos, como uma forma de verificar um determinado padrão em obras científicas pertencentes a uma determinada área de pesquisa, como a Física, por exemplo. Assim como em Nascimento et al. [2] e Nascimento, Pereira e Moret (2017). [1], a presente pesquisa apresenta como arcabouço teórico-científico a Teoria dos Grafos e a Teoria de Redes – Redes complexas e redes sociais. Nesse viés, elencamos alguns trabalhos que se destacam nos estudos relacionados às redes semânticas, como a pesquisa de Fadigas et al. [3], Pereira et al. [4], Fadigas e Pereira [5], Nascimento et al. [2], Pereira et al. [6], Nascimento, Pereira e Moret [1] e Nascimento et al. [7].

Este artigo está organizado em 4 seções. Na segunda, apresentaremos os materiais e métodos utilizados para a construção da rede semântica baseada em resumos (*abstracts*).. Na terceira, os resultados da presente pesquisa são apresentados. Na quarta seção, as considerações finais do presente artigo. Por fim, na última sessão, as referências que embasam a presente pesquisa.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados utilizados para as construções das redes semânticas baseadas em resumos são os disponibilizados em Salem e Kawamura [8,9]. Para que as redes semânticas baseadas em resumos pudessem ser construídas e representadas, alicerçamo-nos na Teoria dos Grafos. Um grafo $G = (V, E)$. consiste em uma estrutura matemática composta por dois conjuntos: V (finito e não vazio). e E (relações binárias sobre V). (GROSS; YELLEN, 2005). [10]. Os elementos de V são denominados de vértices e os elementos de E são as arestas. O primeiro conjunto (V). é finito e não vazio e o segundo (E). corresponde as possíveis interações binárias sobre V (GROSS; YELLEN, 2005)..

Os índices estatísticos pertencentes à teoria de redes calculados, são os indicados em Pereira et al. (2011). e Nascimento et al. (2016).: número de vértices (n), número de arestas (E), grau médio (\bar{k}), densidade (Δ), coeficiente de aglomeração (C_v), coeficiente

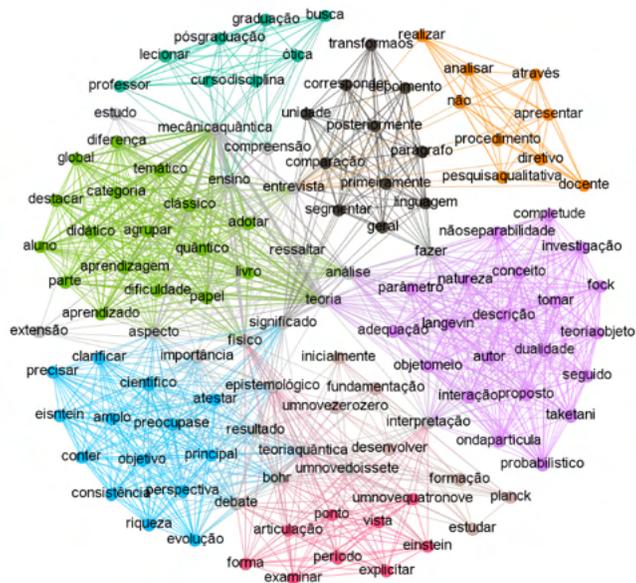
de aglomeração médio (C_{ws}), caminho mínimo médio (L). e diâmetro (D).. Em relação ao pré-processamento das palavras que constituem os resumos, utilizamos as regras apresentadas em Pereira et al. (2011). [4] e Nascimento, Pereira e Moret (2017). [1].

Para a construção da rede semântica foram utilizados os softwares indicados Fadigas et al. [3], Pereira et al. [4], Nascimento et al. [2], Nascimento, Pereira e Moret [1] e Nascimento et al. [7]. A título de exemplo, utilizando os dois resumos de dissertações e teses na área de Física (ensino). presentes em Salem e Kawamura [8,9], para a construção da rede semântica presente na Figura 1.

Resumo 1
Estuda o desenvolvimento epistemológico do conceito de entropia e da 2a. lei da termodinâmica, desde sua origem, com Clausius, até sua importância para o estabelecimento da quantização de energia por Planck. Enfoca nesse estudo a introdução, por Boltzman, da análise probabilística na interpretação do conceito de entropia e as consequentes mudanças na teoria física. Utiliza artigos originais de Clausius, Boltzmann, Zermelo e Planck, assim como artigos de historiadores da ciência como Blackmore, Brush, Hermann, Jammer, Klein, Kuhn e Pais, e de alguns físicos como Bohm, Gibbs, Schenberg e Sommerfeld. Com o intuito de fornecer subsídios tanto a professores de física dos três graus de ensino como a estudantes de terceiro grau, apresenta formas de aproveitamento do trabalho, afirmando: a importância da abordagem histórica e epistemológica na ampliação da compreensão dos conceitos científicos; a necessidade de se introduzir o pensamento da física moderna no segundo grau e a necessidade de se incorporar disciplinas de história e filosofia da ciência no ensino de física em nível superior.

Resumo 2
Busca uma compreensão do ensino de Mecânica Quântica sob a ótica de professores que lecionaram essa disciplina em cursos de graduação e pós-graduação. Através de procedimentos de pesquisa qualitativa, apresenta e analisa entrevistas não diretivas realizadas com cinco docentes. Primeiramente, segmenta as entrevistas em parágrafos que correspondem a "unidades de significado" e transforma-os posteriormente em uma linguagem mais geral para fazer comparações entre os vários depoimentos. Em uma análise mais global, agrupa as entrevistas em três aspectos temáticos - a mecânica quântica e outras teorias físicas, o ensino de mecânica quântica e a aprendizagem de mecânica quântica - e nessas categorias, destaca diferenças no ensino entre as teorias clássica e quântica, o papel dos livros didáticos adotados e as dificuldades de aprendizado por parte dos alunos.

Na Figura 1 é apresentado um exemplo de construção da rede semântica baseada em resumos de dissertações e teses na área de física (ensino):.



examinar	V
debate	N
bohr	N+Pr
einstein	N+Pr
interpretação	N
teoriaquântica	NOTFOUND
período	N
umnovedoisete	NOTFOUND
umnovequatronove	NOTFOUND
forma	N
explicitar	V
articulação	N
ponto	N
vista	N
físico	N
epistemológico	A

inicialmente	ADV
estudar	V
formação	N
teoriaquântica	NOTFOUND
resultado	N
planck	N+Pr
umnovezerozero	NOTFOUND
fundamentação	N
desenvolver	V
bohr	N+Pr
umnovedoisete	NOTFOUND

Figura 1: Rede semântica baseada em resumos nos Resumo 1 e Resumo 2.

Fonte: Do autor.

Conforme a utilização dos softwares UNITEX e Ambisin, abaixo da rede semântica na Figura 1, apresentamos duas cliques e seus vértices (palavras). com a sua respectiva identificação de categoria: N para substantivo, A para adjetivo, N+Pr para substantivo próprio, V para verbo, ADV para advérbios, NOTFOUND para palavras não encontradas no dicionário usado pelos softwares).. Por meio da construção da rede e das análises dos vértices e métricas pertencentes às Redes Complexas e Sociais, poderemos fazer as análises nas obras científicas de interesse em busca de, por exemplo, como se deu o fluxo de informação em uma determinada área; no caso, a física.

3 | RESULTADOS

Conforme o método de construção de redes semânticas baseadas em resumos descrito na sessão anterior, apresentamos na Figura 2 a rede construída para o período de 1972-1992 das dissertações e teses na área de física (ensino):



Figura 2: Rede semântica baseada em resumos de dissertações e teses em Física (ensino).. Fonte: Do autor.

Na tabela 1 apresentamos os índices de redes complexas calculados para a rede semântica baseada em resumos da Figura 2:

Rede	Propriedade	Valor	Propriedade	Valor
Resumos (Maior Comp.).	$n = V $	1564	Maior Componente (%).	99,94
	$m = E $	31329	$\langle k \rangle$	40,063
	Δ	0,026	C_{ws}	0,752
	L	2,335	D	4
Rede aleatória equiv.	$n = V $	1564	Maior Componente (%).	100
	$m = E $	31898	$\langle k \rangle$	40,063
	Δ	0,013	C_{ws}	0,026
	L	2,310	D	3

Tabela 1: índices pertencentes às redes complexas.

Conforme o método proposto por Watts e Strogatz [11], realizamos uma comparação entre os dados entre a maior componente da rede baseada em resumos com a sua rede aleatória equivalente – uma rede aleatória construída com os mesmos valores de vértices

e grau médio da maior componente. Desta forma verificamos que a rede da Figura 2 apresenta o fenômeno *Small-World* (fenômeno mundo pequeno)..

Vértices (V).		Grau (k).	Vértices (V).		Grau (k).
1	Física	586	11	Concluir	328
2	Aluno	489	12	Conhecimento	310
3	Ensino	447	13	Conteúdo	295
4	Ser	438	14	Utilizar	292
5	Apresentar	419	15	Não	286
6	Professor	406	16	Analisar	283
7	Ciência	399	17	Estudo	277
8	Conceito	398	18	Aspecto	276
9	Proposta	350	19	Segundo Grau	272
10	Científico	345	20	Concepção	264

Tabela 2: Centralidade de Grau dos vinte vértices (hubs). mais conectados na rede semântica.

Fonte: Do autor.

A distribuição de graus da rede semântica da Figura 2 é o apresentado a seguir:

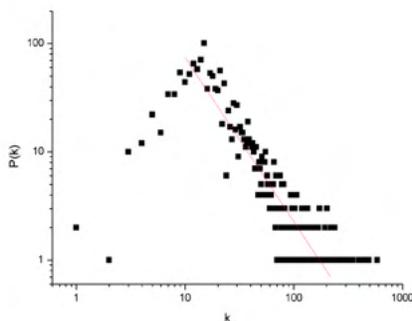


Figura 3: Distribuição de graus da rede semântica baseada em resumos (com $\gamma = 1,5147$ e o ajuste $R^2 = 0,82346$)..

Fonte: Do autor.

Conforme Figura 3, a topologia da rede (Figura 1), sugere seguir uma lei de potência da forma $P(k) \sim k^{-\gamma}$. Uma das características em redes Scale Free é a presença hubs. Os hubs constituem poucos vértices aglomerando muitos outros vértices. Assim, há indícios da rede semântica baseada em resumos, corresponder a uma rede *Scale Free* (rede livre de escala).. Este resultando ratifica a presença de *hubs* presente na rede semântica, alguns deles elencados na Tabela 2. O valor do coeficiente angular γ encontrado ser menor do

que o verificado por Barabási e Albert [12] ($2,1 \leq \gamma \leq 4$), há na literatura científica redes semânticas com o valor de γ menor do que o indicado pelos supracitados autores. Citamos as obras de Fadigas et al. [3], Seyed-allaei et al. [13], e Nascimento et al. [7]. Por fim, ao analisarmos os hubs presentes na tabela 2, verificamos que a rede semântica baseada em resumos de dissertações e teses na área de Física (ensino). no período de 1972 a 1992, sugere que: os trabalhos científicos objetivaram pesquisas em metodologias para o Ensino de Física. O nível de ensino com maior ênfase nas pesquisas em termos de posições de metodologia de ensino, correspondeu a educação básica. Também estiveram presentes nos trabalhos de mestrado e doutorado, teorias de aprendizagens alicerçadas em Piaget e David Ausubel.

AGRADECIMENTOS

Jefferson Nascimento agradece à FAPESB por meio do apoio financeiro parcial recebido através da bolsa de doutorado (BOL170/2015).. Marcelo A. Moret agradece ao CNPq pelo suporte financeiro parcial oriundo de sua bolsa de Produtividade em Pesquisa (No. 304454/2014-1)..

REFERÊNCIAS

[1] NASCIMENTO, J. O. do.; PEREIRA, H. B. B.; MORET, M. A.; “Redes semânticas baseadas em palavras-chave do Ensino de Física Brasileiro: uma comparação nos métodos de pré-processamento dos dados”, p. 122-127 . In: . São Paulo: Blucher, 2017. ISSN 2358-2359, DOI 10.5151/phypro-viii-efa-28.

[2] NASCIMENTO, J. O. do; PEREIRA-GUIZZO, C. S.; MOREIRA, D. M.; MONTEIRO, R. L. S.; PEREIRA, H. B. B.; MORET, M. A.; “Redes Sociais e Complexas: um modelo computacional para a investigação da pós-graduação Brasileira em Ensino de Física”, p. 110-114 . In: **Anais do VII Encontro Científico de Física Aplicada [=Blucher Physics Proceedings, v.3 n.1]**. São Paulo: Blucher, 2016. ISSN 2358-2359, DOI 10.5151/phypro-vii-efa-027

[3] FADIGAS, I. S, CASAS, T. H. P, SENNA, V, MORET, M. A, PEREIRA, H. B. B. “Análise de redes semânticas baseada em títulos de artigos de periódicos científicos: o caso dos periódicos de divulgação em educação matemática”. **Educação Matemática Pesquisa**, 11, p. 167-193, 2009.

[4] PEREIRA, H. B. B, FADIGAS, I. S, SENNA, V, MORET, M. A. “Semantic networks based on titles of scientific papers”. *Physica A* 390, p. 1192-1197, 2011.

[5] FADIGAS, I. S.; PEREIRA, H. B. B. A network approach based on cliques. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, v. 392, n. 10, p. 2576-2587, 2013.

[6] PEREIRA, H. B. B. et al. Density: A measure of the diversity of concepts addressed in semantic networks. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 441, p. 81-84, 2016.

- [7] NASCIMENTO, J. O. do; MONTEIRO, R. L. S.; MOREIRA, D. M.; MORET, Marcelo A.; PEREIRA, H. B. B. Semantic networks of keywords from Brazilian dissertations on physics teaching. **Discontinuity, Nonlinearity and Complexity**, 2018. (PRELO)..
- [8] SALEM, S.; KAWAMURA, M. R. D. Ensino de Física no Brasil: catálogo analítico de dissertações e teses (1972-1992).. São Paulo: Instituto de Física da USP / PROFIS, 1992. 243 p.
- [9] SALEM, S.; KAWAMURA, M. R. D. Ensino de Física no Brasil: catálogo analítico de dissertações e teses (1992-1995). São Paulo: s.n, 1996
- [10] GROSS, J. L.; YELLEN, J. Graph theory and its applications. CRC press, Boca Raton FL USA 2005.
- [11] WATTS, Duncan J.; STROGATZ, Steven H. Collective dynamics of 'small-world' networks. *Nature*, v. 393, n. 6684, p. 440-442, 1998.
- [12] BARABÁSI, A. L. E ALBERT, R.. "*Emergence of scaling in random networks*". *Science*, n. 286, pp. 509-512, 1999.
- [13] SEYED-ALLAEI, H, BIANCONI & M, G. MARSILI. Scale-free networks with an exponent less than two. *Phys. Rev. E* 73, 046113, 2006.

SOBRE A ORGANIZADORA

ÉRICA DE MELO AZEVEDO - Possui Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2019), Graduação em Química com Atribuições Tecnológicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2012). e complementação pedagógica para exercício da docência pela Faculdade Souza Marques (2015).. É docente efetiva do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro Campus Duque de Caxias (IFRJ CDuC). e ministra aulas de Química Geral e Inorgânica para turmas da Graduação e Ensino Médio/Técnico e aulas de análise térmica aplicada à alimentos para turmas da Pós-Graduação. Atualmente é vice-coordenadora de Extensão do IFRJ CDuC. Coordena e colabora com projetos de pesquisa desenvolvidos no IFRJ e colabora em projetos de pesquisa financiados pelo CNPq e desenvolvidos na Escola de Química da UFRJ na área de Tecnologia Química, análise térmica e tratamento térmico de resíduos. Atualmente coordena o projeto de Extensão intitulado Produção de material audiovisual para divulgação científica com práticas de química geral utilizando materiais de baixo custo: uma proposta de aprendizagem para o ensino remoto, que possui financiamento do IFRJ e CNPq. Orientou e participou de bancas de trabalhos de conclusão de curso nos temas citados. Têm atuado como membro de comissões julgadoras de editais de fomento à pesquisa e bolsas de iniciação científica do CNPq no âmbito do IFRJ. Publicou artigos em revistas nacionais e internacionais na área de Análise Térmica e na área de Ensino a Distância. Desde 2016 é revisora do renomado periódico Journal of Thermal Analysis (JTAC). e desde 2021 é revisora da Revista Research, Society and Development. Atuou como organizadora de e-books e autora de capítulos de livros publicados na área de Química e Engenharia Química pelas Editoras Atena e Bagai.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Algoritmo de Prim 42, 44

Aprendizaje 4, 122, 123, 124, 126, 129, 130

Áreas de preservação permanente 79

Árvore geradora mínima 3, 42, 43, 44, 45, 47, 48, 58, 60

Avaliação da ruptura 3, 62

C

Concentración 3, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41

Conservação ambiental 79

D

Defesa civil 2, 3, 4, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 17, 19, 21, 22, 23, 71

Delimitação de área úmida 3, 79

Desastre 1, 2, 3, 14, 19, 20

Desigualdad 3, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 40, 41

Deslizamento de solo 62, 72, 77

E

Ensino de física 92, 106, 113, 114, 120, 121, 131, 133, 137, 138

Equação da onda 107, 112

Equação de Helmholtz 107, 108, 111, 112

Escola segura 3, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21

Estímulo 16, 122

Exercícios de evacuação 6, 7

Exercícios simulados 3, 1, 3, 4, 8

F

Física 9, 10, 13, 16, 17, 21, 22, 40, 71, 92, 94, 106, 113, 114, 115, 117, 119, 120, 121, 123, 124, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138

Fuzzy 3, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 50, 51, 52, 54, 58, 59, 60, 61

G

Geofísica 90, 107, 108

Geotecnologias 3, 79, 81, 89

Gestão integrada 6

I

Inteligencias múltiples 4, 122, 128, 129

M

Métodos eletromagnéticos 107, 108

Muro de contenção 62, 77

Muro de gravidade 62, 76

N

Neurociências 4, 122, 128, 129, 130

O

Ordenamiento territorial 3, 26, 27, 28, 30, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41

P

PROEJA 92, 93, 94, 104, 105, 106

Programação matemática 42, 43

R

Redes complexas 4, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 120, 131, 132, 134, 135

Redes semânticas 4, 113, 114, 118, 119, 120, 121, 131, 132, 135, 137

Redes semânticas complexas 4, 120, 131

Redes sociais 113, 114, 117, 121, 131, 132, 137

Redes sociais e complexas 113, 121, 137

Resiliência 9, 11, 12, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 23

Resolução conjunta IBAMA/SEMA/IAP n° 005 79, 80, 81, 83, 84, 88, 89

Riscos 2, 3, 4, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 77

Rompimento de barragens 3, 1, 3

S

Sabana matemática 4, 122, 128

Sistemas complexos 10, 113, 114

Socioeconomía 26

T

Teoria da aprendizagem significativa 92

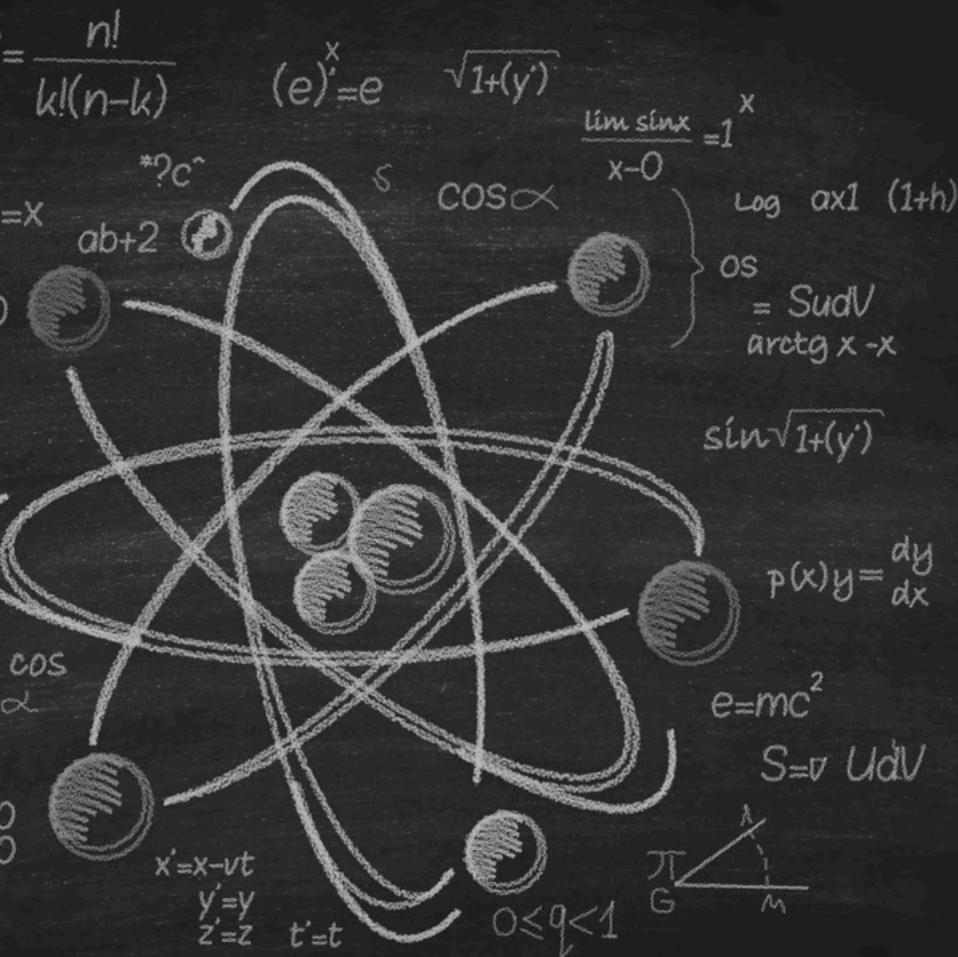
Teoria de grafos 42

Teoria dos conjuntos 42, 43, 44, 45, 58

Terra como um corpo cósmico 4, 92, 93, 94, 96

U

Urbanización 26, 27, 30, 31, 32, 33, 34, 38, 40, 41



CIÊNCIAS EXATAS e da terra:

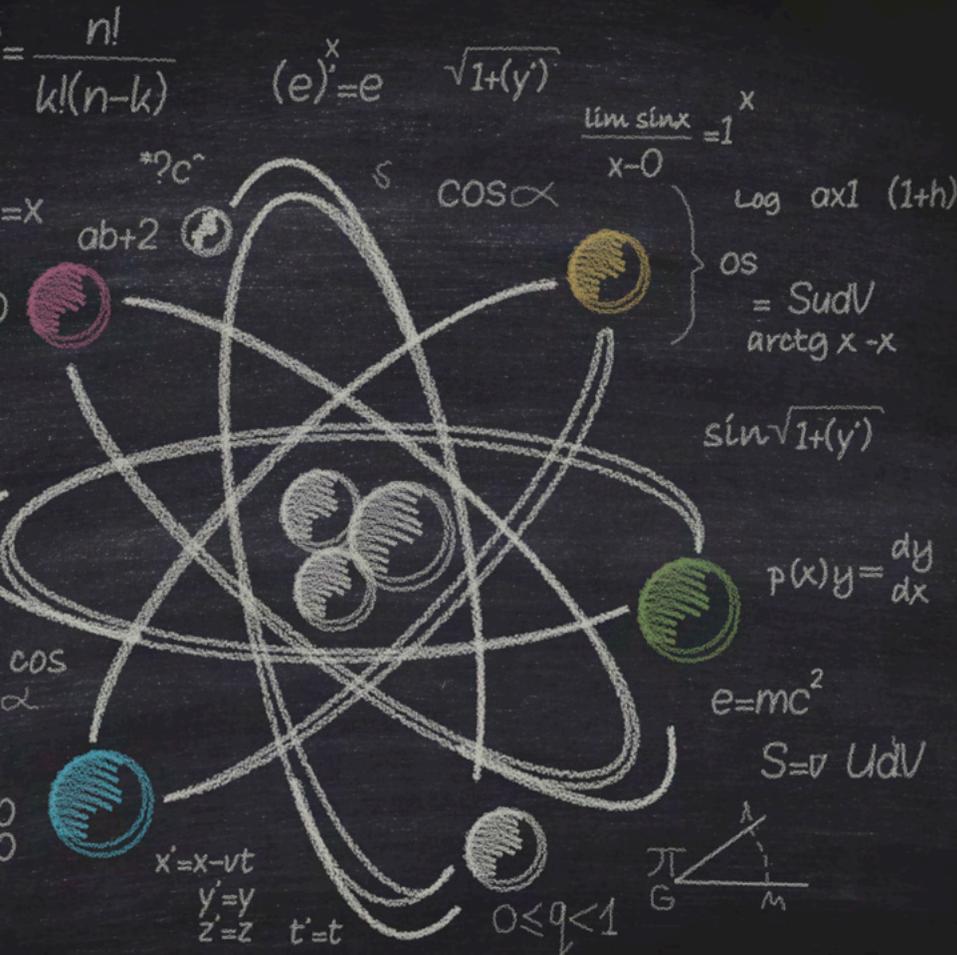
Observação, formulação e previsão

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br



CIÊNCIAS EXATAS e da terra:

Observação, formulação e previsão

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br