



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À GESTÃO DE RISCOS AMBIENTAIS NOS BIOMAS DO NORDESTE BRASILEIRO

Amanda França de Farias

Relatório de Iniciação Científica do programa
PIBIC, orientado pelo Dr. Melquisedec Medeiros
Moreira e pela Coorientadora Dra. Helenice Vital.

INPE

Natal

2024



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À GESTÃO DE RISCOS AMBIENTAIS NOS BIOMAS DO NORDESTE BRASILEIRO

Amanda França de Farias

Relatório de Iniciação Científica do programa
PIBIC, orientado pelo Dr. Melquisedec Medeiros
Moreira e pela Coorientadora Dra. Helenice Vital.

INPE

Natal

2024

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo fomento a pesquisa e a bolsa (Processo 104528/2024-9; Modalidade: Iniciação Científica – IC) e ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais pelo suporte oferecido.

RESUMO

Nos primeiros meses do projeto, iniciado em Fevereiro de 2024, “Geotecnologias Aplicadas à Gestão de Riscos Ambientais nos Biomas do Nordeste Brasileiro” foram realizados cursos ofertados pela ENAP (Escola Nacional de Administração Pública), como “Percepção e Mapeamento de Áreas de Risco Geológico”, “GIRD+10: Gestão Integrada de Riscos e Desastres”, “Proteção e Defesa Civil: Gestão de Desastre”, “Sistema de monitoramento e alerta como suporte à gestão local e riscos e desastres”, “Metodologia de Concepção do Alerta: da teoria à prática”, “Agenda para o desenvolvimento sustentável: conceitos, mobilização e articulação”, com o enfoque para a aprendizagem de como identificar a ocorrência de desastres ambientais e como preveni-los. Na continuidade da pesquisa foram realizadas atividades relacionadas a conteúdos de Webinars disponibilizados na Plataforma ABAS (Associação Brasileira de Águas Subterrâneas), tendo como temática “Águas subterrâneas: Desvendando o invisível com inteligência artificial”, “Águas e soluções transfronteiriças: O que nos ensina a cooperação do Sistema Aquífero Guarani”, a partir disto foi obtido conhecimento sobre águas subterrâneas e como identificá-las com o uso de inteligência artificial; o estudo do aquífero Guarani, um dos mais importantes aquíferos do Brasil e como é feito a extração e utilização de suas águas. Por último foram realizadas sínteses de artigos como “Contributions of the Brazil’s National Institute for Space Research (INPE) to emergency response in the International Space and Major Disasters Charter”, “Estudo de caso: Avaliação de um movimento de massa em uma falésia localizada na Praia da Pipa/RN” e “Avaliações geotécnicas em atrativos geoturísticos, Morro do Careca e Adjacências, RN”, na primeira síntese foi constatado a importância do INPE para o fornecimento de imagens de satélite e sua contribuição internacional para grandes desastres ao redor do mundo; no estudo do movimento de massa em uma falésia no RN, foi identificado o que ocasionou o desastre e alternativas para a sua prevenção; e na terceira síntese foi analisado a situação atual em que se encontra o Morro do Careca, um dos principais pontos turísticos do RN que vem sofrendo intenso processo erosivo marítimo e apresenta risco geológico aos frequentadores da Praia de Ponta Negra, onde fica localizado.

Palavras-chave: Riscos ambientais. Desastres. Águas subterrâneas. Processos erosivos. Morro do Careca.

ABSTRACT

The In the first months of the project, which began in February 2024, “Geotechnologies Applied to Environmental Risk Management in the Biomes of the Brazilian Northeast” courses offered by ENAP (National School of Public Administration) were held, such as “Perception and Mapping of Geological Risk Areas”, “GIRD+10: Integrated Risk and Disaster Management”, “Civil Protection and Defense: Disaster Management”, “Monitoring and alert system to support local management and risks and disasters”, “Alert Design Methodology: from theory to practice”, “Agenda for sustainable development: concepts, mobilization and articulation”, with a focus on learning how to identify the occurrence of environmental disasters and how to prevent them. In the continuity of the research, activities were carried out related to Webinar content made available on the ABAS Platform (Brazilian Association of Groundwater), with the theme “Underground water: Uncovering the invisible with artificial intelligence”, “Water and cross-border solutions: What teaches us to cooperation of the Guarani Aquifer System”, from this knowledge was obtained about groundwater and how to identify it using artificial intelligence; the study of the Guarani aquifer, one of the most important aquifers in Brazil, and how its waters are extracted and used. Finally, summaries of articles were carried out, such as “Contributions of the Brazil’s National Institute for Space Research (INPE) to emergency response in the International Space and Major Disasters Charter”, “Case study: Evaluation of a mass movement in a cliff located in Praia da Pipa/RN” and “Geotechnical assessments in geotouristic attractions, Morro do Careca and Adjacências, RN”, in the first synthesis it was noted the importance of INPE for providing satellite images and its international contribution to major disasters around of the world; in the study of mass movement on a cliff in RN, what caused the disaster and alternatives for its prevention were identified; and in the third synthesis, the current situation of Morro do Careca was analyzed, one of the main tourist attractions in RN that has been suffering an intense maritime erosion process and presents a geological risk to visitors to Praia de Ponta Negra, where it is located.

Keywords: Environmental risks. Disasters. Groundwater. Erosive processes. Morro do Careca.

SUMÁRIO

1. CURSOS REALIZADOS.....	7
2. PARTICIPAÇÃO EM WEBINARES.....	15
2.1. WEBINAR: ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: DESVENDANDO O INVISÍVEL COM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.....	15
2.2 WEBINAR: ÁGUAS E SOLUÇÕES TRANSFRONTEIRIÇAS: O QUE NOS ENSINA A COOPERAÇÃO DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI.....	24
3. SÍNTESES DE ARTIGOS.....	33
3.1 “CONTRIBUTIONS OF THE BRAZIL’S NATIONAL INSTITUTE FOR SPACE RESEARCH (INPE) TO EMERGENCY RESPONSE IN THE INTERNATIONAL SPACE AND MAJOR DISASTERS CHARTER”	33
3.2. “ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO DE UM MOVIMENTO DE MASSA EM UMA FALÉSIA LOCALIZADA NA PRAIA DA PIPA/RN”	34
3.3 “AVALIAÇÕES GEOTÉCNICAS EM ATRATIVOS GEOTURÍSTICOS, MORRO DO CARECA E ADJACÊNCIAS, RN”	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

1. CURSOS REALIZADOS

Nos primeiros meses do projeto foram realizados cursos ministrados pela Escola Nacional de Administração Pública (Enap). A realização desses cursos teve como enfoque a aprendizagem de como identificar a ocorrência de desastres ambientais e como preveni-los. Os cursos realizados foram: “Percepção e Mapeamento de Áreas de Risco Geológico”, “GIRD+10: Gestão Integrada de Riscos e Desastres”, “Proteção e Defesa Civil: Gestão de Desastre”, “Sistema de monitoramento e alerta como suporte à gestão local e riscos e desastres”, “Metodologia de Concepção do Alerta: da teoria à prática”, “Agenda para o desenvolvimento sustentável: conceitos, mobilização e articulação”

A análise dos cursos foi fundamentada em tarefas práticas, exercícios e leituras, que exigiram a aplicação do conhecimento assimilado. No término de cada curso, um certificado de conclusão foi concedido.

No curso “Percepção e Mapeamento de Áreas de Risco Geológico” foi estudado que o risco geológico é a relação entre a probabilidade de ocorrência de um evento geológico adverso e a extensão de suas consequências socioeconômicas; eventos geológicos adversos são eventos capazes de provocar danos à sociedade, como os deslizamentos, inundações, terremotos, vulcanismo, dentre outros; o grau de risco está diretamente relacionado à vulnerabilidade do grupo ou comunidade exposta, quanto maior a vulnerabilidade, maior o grau de risco; áreas de risco geológico são áreas que podem sofrer perdas ou danos causados por eventos geológicos adversos, sejam eles naturais ou antrópicos; é de extrema importância o conhecimento das áreas de risco para a implantação de ações de ordenamento territorial e prevenção de desastres; a lei federal 12.608/2012 atribui responsabilidades à União, Estados e Municípios quanto à implantação de medidas voltadas à redução do risco de desastres.



A Escola Nacional de Administração Pública - Enap certifica que

Amanda França de Farias

*concluiu o curso **Percepção e Mapeamento de Áreas de Risco Geológico** (Turma FEV/2024), com carga-horária de 40 horas, início em 15/02/2024, término em 27/02/2024 e nota final 90.5.*

A stylized, handwritten signature in teal ink, representing the name Betânia Lemos.

Betânia Lemos
Presidenta

No curso “GIRD+10: Gestão Integrada de Riscos e Desastres” foi estudado sobre a Gestão de Riscos e Desastres (GRD), que pode ser descrita como um processo social contínuo e duradouro, sustentado por estruturas institucionais e comunitárias, com a finalidade de lidar com vulnerabilidades e ameaças presentes no território. Quando abordamos riscos associados a desastres, estamos nos referindo à probabilidade de ocorrência de eventos prejudiciais e nocivos para a sociedade no futuro. Portanto, gerir riscos implica em implementar medidas proativas que possam reduzir a chance de danos e prejuízos, ou pelo menos mitigar suas consequências. Para administrar riscos, os primeiros e essenciais passos são: identificar perigos; definir as áreas de origem e aquelas que podem ser impactadas; compreender as fragilidades do meio físico e social e antecipar os possíveis efeitos. Esses são passos fundamentais para garantir a eficácia da GRD.



A Escola Nacional de Administração Pública - Enap certifica que

Amanda França de Farias

*concluiu o curso **GIRD+10: Gestão Integrada de Riscos e Desastres (Turma MAR/2024)**, com carga-horária de 24 horas, início em 19/03/2024, término em 05/04/2024 e nota final 81.67.*

A stylized, handwritten signature in teal ink, representing the name Betânia Lemos.

Betânia Lemos
Presidenta

No curso “Proteção e Defesa Civil: Gestão de Desastre” foi estudado que a Gestão de Desastre é um conjunto de medidas de resposta e recuperação, integradas e planejadas de acordo com o tipo de desastre e sua localidade. A Gestão de Desastre deve ser compreendida como um processo que abrange todas as etapas de coordenação, execução e constante aprimoramento das ações de resposta e reconstrução, a fim de reduzir os efeitos, danos e prejuízos dos desastres, não deixando de se preocupar também com a redução dos riscos de desastres.



A Escola Nacional de Administração Pública - Enap certifica que

Amanda França de Farias

concluiu o curso **Proteção e Defesa Civil: Gestão de Desastre - Curso 4 (Turma MAR/2024)**, com carga-horária de 30 horas, início em 19/03/2024, término em 05/04/2024 e nota final 90.66.

Betânia Lemos
Presidenta

O curso “Sistema de monitoramento e alerta como suporte à gestão local e riscos e desastres” fala sobre como agências, fundos e programas da Organização das Nações Unidas (ONU) têm desempenhado, desde a década de 1970, um papel crucial na promoção, coordenação e execução dos Sistemas de Monitoramento e Alerta de Desastres como um elemento estratégico para a Redução do Risco de Desastres, ao apoiarem diversos projetos, realização de conferências e implantação de plataformas colaborativas com a meta de fomentar uma cultura de prevenção e preparação para desastres globalmente.

Existem quatro eixos que constituem um Sistema de Monitoramento e Alerta de Desastres:

a) Conhecimento do Risco: Conjunto de dados que considera a dinamicidade dos conceitos de "ameaça" e "vulnerabilidade", e a intensificação desses fatores pelos processos de urbanização acelerada, degradação socioambiental e alterações climáticas;

- b) Monitoramento do Risco: Estrutura, tecnologia e recursos humanos capazes de fornecer serviços de vigilância sobre ameaças de origem natural e alertas antecipados sobre o risco de desastres;
- c) Comunicação do Risco: Métodos utilizados na disseminação da informação gerada pelos serviços de monitoramento e alerta de forma clara para os órgãos responsáveis e para a comunidade, especialmente para os residentes de áreas de risco;
- d) Capacidade de Resposta: Recursos, estratégias e planos de preparação para desastres que envolvem vários atores para uma gestão eficaz do evento.



O curso “Metodologia de Concepção do Alerta: da teoria à prática” relata que com o aumento da frequência e intensidade dos desastres, a Redução do Risco de Desastres (RRD) tornou-se cada vez mais crucial como uma abordagem essencial para o desenvolvimento sustentável. Desde a década de 1960, os desastres têm sido uma questão relevante na agenda internacional. Naquela época, em resposta a vários eventos

de grande escala, as Nações Unidas adotaram resoluções para ajudar comunidades afetadas. Embora a prevenção e o planejamento antes dos desastres fossem o foco principal, a abordagem estava majoritariamente voltada para respostas técnicas.

A década de 1990 foi marcada como a Década Internacional para Redução de Desastres Naturais, que incluiu a "Estratégia e Plano de Ação de Yokohama para um Mundo Mais Seguro" como a primeira grande estrutura internacional para a Redução de Risco de Desastres.

Dentro de um sistema de gerenciamento de risco de desastres, o conceito de cenário de risco pode ser descrito como: uma situação potencial (ainda não realizada) na qual existe a probabilidade de um evento adverso específico com características claramente definidas acontecer, provocando consequências/impactos em um sistema de interesse. Portanto, para que um cenário de risco seja adequadamente definido, é essencial ter conhecimento sobre cada um desses elementos, estabelecendo, assim, o escopo da análise.



ENAP

A Escola Nacional de Administração Pública - Enap certifica que

Amanda França de Farias

*concluiu o curso **Metodologia de Concepção do Alerta: da teoria à prática***

(Turma ABR/2024), com carga-horária de 40 horas, início em 11/04/2024,

término em 19/04/2024 e nota final 90.



Betânia Lemos
Presidenta

Por último, o curso “Agenda para o desenvolvimento sustentável: conceitos, mobilização e articulação” relatou que conceito de desenvolvimento sustentável foi empregado pela primeira vez no ano de 1987, em um relatório denominado “Nosso Futuro Comum”, também conhecido como Relatório Brundtland (1987). Esse relatório foi elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, que, por sua vez, foi constituída pela Assembleia Geral das Nações Unidas.

Segundo o mencionado Relatório, o desenvolvimento sustentável é definido como “o desenvolvimento que busca atender às necessidades da geração presente, sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atenderem às suas próprias necessidades”.

Em 2015, foram estabelecidos os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), aprovados na 70ª Assembleia Geral da ONU. O evento reuniu representantes de 193 países membros das Nações Unidas para a adoção da agenda global “Transformando o nosso Mundo: a Agenda para o Desenvolvimento Sustentável de 2030”, com o objetivo de erradicar a pobreza e promover o desenvolvimento ambiental, social e econômico, em escala global, até 2030.

A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, ou Agenda 2030, como ficou conhecida, é resultado do esforço colaborativo de governos e cidadãos de todo o planeta, visando criar um modelo global para o combate à pobreza, promoção da prosperidade e bem-estar para todos, proteção do meio ambiente e enfrentamento das mudanças climáticas.



A Escola Nacional de Administração Pública - Enap certifica que

Amanda França de Farias

*concluiu o curso **Agenda para o desenvolvimento sustentável: conceitos, mobilização e articulação (Turma MAI/2024)**, com carga-horária de 8 horas, início em 23/05/2024, término em 24/05/2024 e nota final 62.5.*

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Betânia Lemos', is positioned above the printed name and title.

Betânia Lemos
Presidenta

2. PARTICIPAÇÃO EM WEBINARES

Num segundo momento foi realizada participação em Webinars fornecidos pela plataforma ABAS, com os temas “Águas subterrâneas: Desvendando o invisível com inteligência artificial”, tendo sido obtido conhecimento sobre águas subterrâneas e como identificá-las com o uso de inteligência artificial ministrado, o webinar contou com o debatedor Ingo Wahnfried, professor do Departamento de Geociências da Universidade Federal do Amazonas e os palestrantes Camila Duellis Viana, professora do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo e Clyvikh Renna Camacho, pesquisador do Serviço Geológico do Brasil.

Webinar “Águas e soluções transfronteiriças: O que nos ensina a cooperação do Sistema Aquífero Guarani”, o estudo do aquífero Guarani, um dos mais importantes aquíferos do Brasil e como é feita a extração e utilização de suas águas, com a debatedora Iara Bueno Giacomini, Diretora de Recursos Hídricos do Ministério do meio ambiente e mudança do clima, palestrantes Ricardo Hirata, Vice-Presidente da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS), e Ricardo Burg, Coordenador do Programa de Ação Estratégico do Sistema Aquífero Guarani, UNESCO.

Webinar “As águas subterrâneas e o enfrentamento dos desafios climáticos” o papel das águas subterrâneas para o enfrentamento dos desafios climáticos atuais, com o moderador Gerson Cardoso, UFRJ, palestrantes Rodrigo Lilla Manzione UNIESP e Edson César Wendland USP.

2.1. WEBINAR: ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: DESVENDANDO O INVISÍVEL COM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A inteligência artificial é uma tecnologia que permite computadores e máquinas simularem a inteligência humana e a capacidade de resolução de problemas que ocorrem na sociedade, a AI pode ser usada por si só ou combinada com outras tecnologias, como sensores, geolocalização, robótica...

A inteligência artificial pode realizar tarefas que de outra forma, sempre exigem a inteligência humana, como por exemplos assistentes digitais, orientação por gps, veículos autônomos, ferramentas como o chatgpt, são exemplos disso.

Nas geociências, a inteligência artificial permite tratar grandes quantidades de dados, como imagens de satélite, avaliação e refinamento de modelos computacionais, representações de sistemas geológicos complexos, como os aquíferos, possibilitando a identificação de padrões e obtenção de resultados que o ser humano dificilmente de outra forma iria conseguir alcançar.

Como a IA pode ajudar a mergulhar em águas desconhecidas?

A IA é uma arte de criar máquinas que executam funções que necessitariam de inteligência se executada por pessoas, são máquinas que reproduzem o comportamento humano inteligente.

O que seria o comportamento humano inteligente? Os seres humanos possuem muitas habilidades que os tornam seres inteligentes, não só as habilidades de visão, habilidades motoras, mas também capacidade de tomada de decisão, criatividade, a previsão ou criação de cenários fazem parte do comportamento humano inteligente.

A IA é uma ciência intrinsecamente multidisciplinar, então para criar uma IA, e reproduzir os comportamentos humanos é preciso entender primeiro como que o ser humano aprende, o que define inteligência para ser capaz de produzir esses comportamentos.

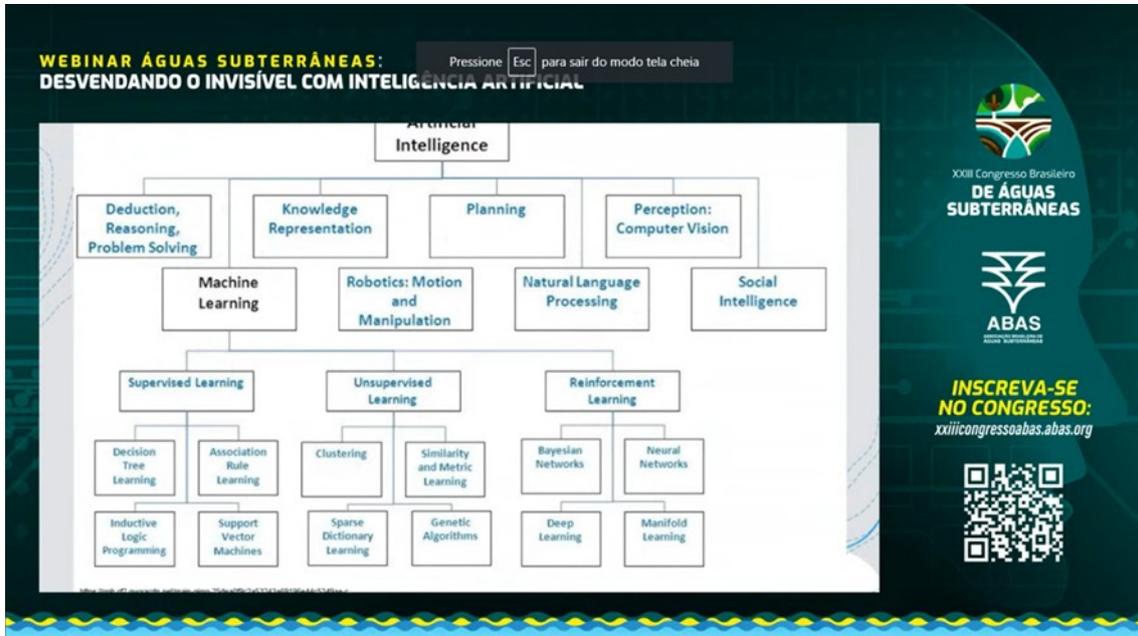
O conceito de IA não é recente, existem relatos de que a primeira noção de inteligência artificial, ocorreu com Aristóteles, que sonhava substituir a mão de obra escrava por ferramentas autônomas, dando a ideia de automatizar ou reproduzir o comportamento humano.

Como ciência a IA se desenvolveu principalmente no século XX, nos anos 50, no começo ocorreu uma série de sucessos, porém depois passou por um período que não houve muito desenvolvimento por esbarrar na tecnologia necessária para conseguir implementar soluções.

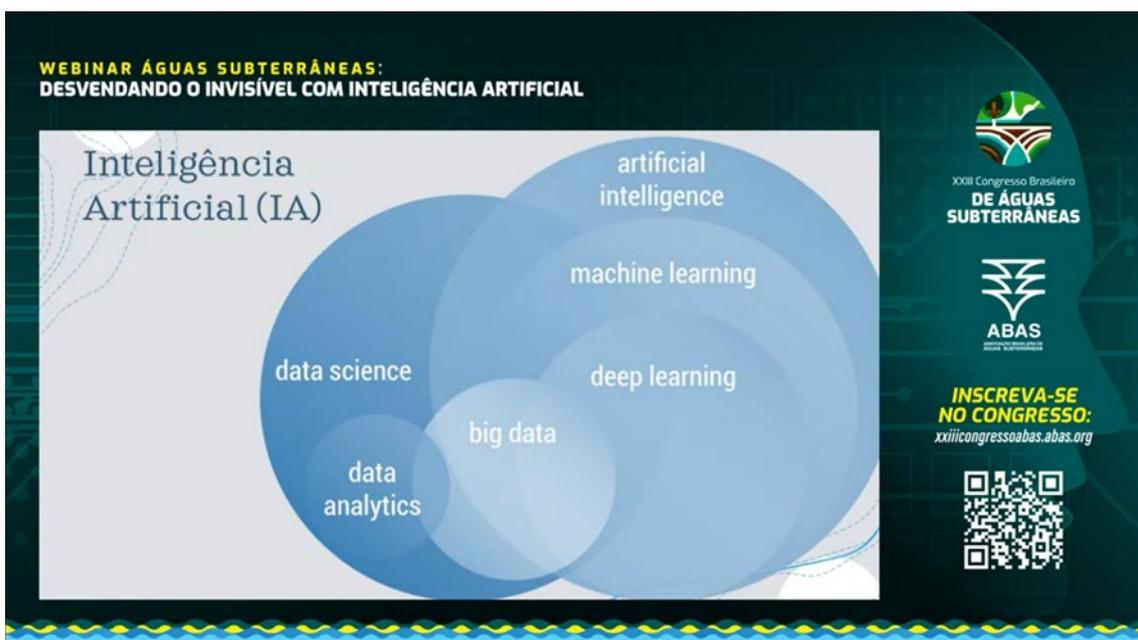
Como a máquina aprende? Procura padrões em uma grande quantidade de dados e, quando encontra algum, ajusta o programa para refletir a “verdade” do que encontrou. A quanto mais dados a máquina é exposta, mais “inteligente” a máquina fica. Quando vê padrões suficientes, a máquina vai aprender o modelo (representação do problema) e a máquina vai se tornar capaz de fazer previsões e etc..

Na busca por ideal de inteligência artificial, se desenvolveram vários ramos diferentes, cada um desses ramos se ocupa de reproduzir um comportamento humano, como o

processamento de linguagem natural, o ramo de machine learning é o mais utilizado para pesquisa, esse ramo consiste justamente em ensinar a máquina.



A IA seria como um grande guarda-chuva, o machine learning como um dos ramos, e o deep learning seria um ramo do machine learning que é responsável por reproduzir conexões dos neurônios humanos, criando redes neurais profundas, que são muito boas em determinadas tarefas.



O Big Data que no ponto de vista da computação possui características específicas como volume, velocidade e variedade, valor, veracidade, a respeito dos dados obtidos pela máquina.

**WEBINAR ÁGUAS SUBTERRÂNEAS:
DESVENDANDO O INVISÍVEL COM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

Inteligência Artificial (IA)

artificial intelligence

machine learning

deep learning

big data

analytics

VELOCITY

VOLUME

VERACITY

VARIETY

VALUE

BIG DATA

XXIII Congresso Brasileiro
DE ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS

ABAS

**INSCREVA-SE
NO CONGRESSO:**
xxiiicongressoabas.abas.org

Nas Geociências ocorre problemas como: possuir volume de dados, mas não ter velocidade, portanto o dado não pode ser atualizado constantemente, as vezes possui variedade de dados, mas não tem o volume expressivo para executar o machine learning, isso seria um dos primeiros desafios: construir um grande banco de dados para resolver os problemas.

A IA está no nosso dia a dia, em vários equipamentos como carros, celulares, aspirador.

**WEBINAR ÁGUAS SUBTERRÂNEAS:
DESVENDANDO O INVISÍVEL COM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

ARTIFICIAL INTELLIGENCE
Everyday and potential use

A few examples of how we already use AI and the possibilities it offers

- Smartphone or PC digital personal assistants
- Smart air conditioners
- Internet of things: web-connected vacuum cleaners, refrigerators, watches...
- Autonomous cars
- Online shopping and advertising
- Smart farming: irrigation, feeding animals, weed removing robots
- Robots used in factories
- Web search
- Machine translations
- Cybersecurity
- Fighting disinformation
- Optimising products and sales paths

XXIII Congresso Brasileiro DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

ABAS

INSCREVA-SE NO CONGRESSO:
xxiiicongressoabas.abas.org

Os dados são a base de tudo, o computador sempre vai nos dar uma resposta, porém essa resposta só será boa se os dados forem bons, o modelo pode ser perfeito, porém se os dados forem ruins, será gerado resultados ruins, do mesmo modo pode se ter dados perfeitos, mas escolher uma abordagem que não é a mais adequada (modelo ruim), que vai gerar resultados ruins. Cabe ao ser humano fornecer dados bons, escolher a abordagem e tratá-la para ter resultados que de fato vão resolver a questão.

**WEBINAR ÁGUAS SUBTERRÂNEAS:
DESVENDANDO O INVISÍVEL COM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

Os dados são a base de tudo

XXIII Congresso Brasileiro DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

ABAS

INSCREVA-SE NO CONGRESSO:
xxiiicongressoabas.abas.org

**WEBINAR ÁGUAS SUBTERRÂNEAS:
DESVENDANDO O INVISÍVEL COM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

Dados ruins → Modelo perfeito → Resultados ruins

Dados perfeitos → Modelo ruim → Resultados ruins

XXIII Congresso Brasileiro
**DE ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS**

ABAS
Associação Brasileira de Águas Subterrâneas

**INSCREVA-SE
NO CONGRESSO:**
xxiiicongressoabas.abas.org

Existem muitas fontes de dados, como: sensoriamento remoto, mapas, cartas, descrições de relatórios, sondagens, instrumentação geofísica, campo, amostras, análises, ensaios, internet, repositórios, nuvem...

**WEBINAR ÁGUAS SUBTERRÂNEAS:
DESVENDANDO O INVISÍVEL COM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

Instrumentação Geofísica

Campo Amostras Análises Ensaios

Sensoriamento remoto

Mapas Cartas

Internet Repositórios Nuvem

Sondagens

Descrições Relatórios

XXIII Congresso Brasileiro
**DE ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS**

ABAS
Associação Brasileira de Águas Subterrâneas

**INSCREVA-SE
NO CONGRESSO:**
xxiiicongressoabas.abas.org

Porém nem todos os dados podem ser utilizados devido a desafios de natureza dos dados, de coleta dos dados e de armazenamento dos dados.

**WEBINAR ÁGUAS SUBTERRÂNEAS:
DESVENDANDO O INVISÍVEL COM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

Desafios

NATUREZA

- Dados em sequência - espacial / temporal
- Multivariados
- Não-lineares
- Não-estacionários
- Múltiplas escalas espaciais e temporais
- Interconexões complexas
- Eventos raros

COLETA

- Várias escalas espaciais e temporais
- Várias fontes de erros e ruídos
- Incompletos
- Incertos

ARMAZENAMENTO

- Poucos registros adequados
- Falta de padrão ouro de referência



XXIII Congresso Brasileiro
**DE ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS**



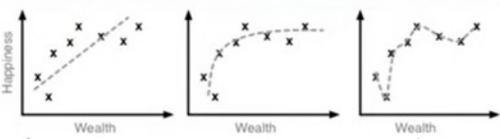
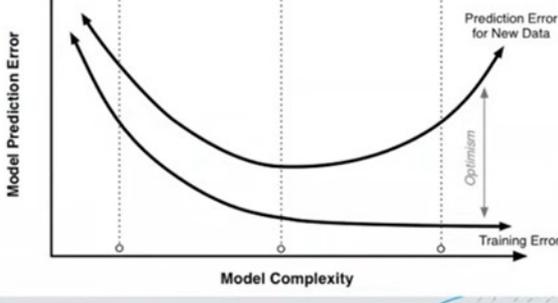
ABAS
Associação Brasileira de Águas Subterrâneas

**INSCREVA-SE
NO CONGRESSO:**
xxiiicongressoabas.abas.org



Quando ocorrem esses desafios o que precisa ser feito é tentar chegar ao modelo central, onde tem uma melhor relação entre o que o modelo aprendeu, e o que ele vai prever, porém pode acontecer tendo um subajuste (underfit), que é quando o modelo não consegue capturar relação nenhuma, realizando previsões muito erradas e sendo portanto um modelo com muito erro, ou pode ocorrer do modelo se ajustar muito ao problema e quando novos dados são mostrados a ele, o modelo não consegue ser capaz de generalizar, não fazendo previsões corretas.

**WEBINAR ÁGUAS SUBTERRÂNEAS:
DESVENDANDO O INVISÍVEL COM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**



XXIII Congresso Brasileiro
**DE ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS**



ABAS
Associação Brasileira de Águas Subterrâneas

**INSCREVA-SE
NO CONGRESSO:**
xxiiicongressoabas.abas.org



Os potenciais atuais que a ciência hidrológica tem na era de inteligência artificial: experimentos recentes que aplicaram o “machine learning” para fazer a simulação indicam que tem muito mais informação nos datasets hidrológicos de grande escala, do que os hidrólogos foram capazes de traduzir até então nos modelos teóricos, portanto agora é possível rever tudo aquilo tido como modelo, com base em interpretações humanas agora, é apoiado em dados.

O que a literatura aponta em potenciais do uso de machine learning para águas subterrâneas?

**WEBINAR ÁGUAS SUBTERRÂNEAS:
DESVENDANDO O INVISÍVEL COM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

Water Resources Research
COMMENTARY
10.1029/2020WR028091
Special Section:
Machine Learning in Hydrology

AGU ADVANCING EARTH AND SPACE SCIENCE

What Role Does Hydrological Science Play in the Age of Machine Learning?
Grey S. Nearing¹, Frederik Kratzert¹, Alden Keeffe Sampson¹, Craig S. Fossler¹
Recent experiments applying deep learning to rainfall-runoff simulation indicate that there is significantly more information in large-scale hydrological data sets than hydrologists have been able to translate into theory or models.

Abstract This paper is derived from a keynote talk given at the Google's 2020 Flood Forecasting Meets Machine Learning Workshop. Recent experiments applying deep learning to rainfall-runoff simulation indicate that there is significantly more information in large-scale hydrological data sets than hydrologists have been able to translate into theory or models. While there is a growing interest in machine learning in the hydrological sciences community, in many ways, our community still holds deeply subjective and non-evidence-based preferences for models based on a certain type of "process understanding" that has historically not translated into accurate theory, models, or predictions. This commentary is a call to action for the hydrology community to focus on developing a quantitative understanding of where and when hydrological process understanding is valuable in a modeling discipline increasingly dominated by machine learning. We offer some potential perspectives and preliminary examples about how this might be accomplished.

**XXIII Congresso Brasileiro
DE ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS**

ABAS
Associação Brasileira de Águas Subterrâneas

**INSCREVA-SE
NO CONGRESSO:**
xxiiicongressoabas.abas.org

Fornecer a possibilidade de realizar mais simulações e previsões aprimoradas dos níveis das águas subterrâneas. Melhorar avaliações de vulnerabilidade e risco de contaminação.

Realizar o monitoramento mais preciso da qualidade das águas subterrâneas como um todo.

**WEBINAR ÁGUAS SUBTERRÂNEAS:
DESVENDANDO O INVISÍVEL COM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

O que a literatura aponta?

- + Simulação e previsão aprimoradas dos níveis das águas subterrâneas
- + Melhores avaliações de vulnerabilidade e risco de contaminação
- + Monitoramento mais preciso da qualidade das águas subterrâneas

[ps://consensus.app/search/](https://consensus.app/search/)

XXIII Congresso Brasileiro
**DE ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS**

ABAS
Associação Brasileira de Águas Subterrâneas

**INSCREVA-SE
NO CONGRESSO:**
xxiiicongressoabas.abas.org



Os modelos de IA são muito bons, principalmente quando combinados, fornecendo soluções melhores e inclusive capaz de superar os métodos tradicionais. Os avanços são fundamentais para desenvolver estratégias mais eficazes e para garantir a viabilidade dos recursos hídricos a longo prazo.

**WEBINAR ÁGUAS SUBTERRÂNEAS:
DESVENDANDO O INVISÍVEL COM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

Para ficarmos de olho

Os modelos de IA, especialmente quando combinados em formas híbridas, superam os métodos tradicionais, fornecendo ferramentas robustas e precisas para a gestão sustentável e proteção dos recursos hídricos subterrâneos.

Estes avanços nas aplicações de IA nos estudos de águas subterrâneas são fundamentais para o desenvolvimento de estratégias de gestão eficazes e para garantir a viabilidade dos recursos hídricos a longo prazo.

XXIII Congresso Brasileiro
**DE ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS**

ABAS
Associação Brasileira de Águas Subterrâneas

**INSCREVA-SE
NO CONGRESSO:**
xxiiicongressoabas.abas.org



O que é uma rede neural?

É um conjunto de contas, uma série de cálculos que estão sendo feitos em sequência que vão fornecer uma resposta. É preciso colocar um conjunto de dados de entrada, esses dados vão ser processados em uma série de camadas, chamadas de camadas ocultas, e dentro dos neurônios vai ser feito um cálculo, e vai ser dada uma resposta de saída.

Porque usar IA?

A IA fornece uma flexibilidade, um grande conjunto de dados, como: Grids de dados, dados obtidos diretamente de mapas geológicos, hidrogeológicos, banco de dados, dados geofísicos e dados obtidos diretamente da internet. A IA tem uma velocidade muito grande para resolução de problemas. A eficiência da IA: modelos baseados em IA superam modelos tradicionais.

Onde usar IA no estudo Hidrogeológico?

Levantamento de áreas com maior possibilidade de produção (SIAGAS, satélites, Topografia, Mapas Hidrogeológicos e Geológicos. Construção de modelos de fluxos hidrogeológicos; Modelos para contaminantes; Modelos hidroquímicos; Mapeamento Hidrogeológico).

2.2. WEBINAR: ÁGUAS E SOLUÇÕES TRANSFRONTEIRIÇAS: O QUE NOS ENSINA A COOPERAÇÃO DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI

O aquífero guarani é muito relevante para usos múltiplos da água, para segurança hídrica e a cooperação internacional, porém o aquífero é desconhecido e invisibilizado no Brasil.

O aquífero guarani é um dos reservatórios de água doce subterrânea maiores do planeta localizado na América do Sul, abrangendo parte do Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai, é uma importante fonte de água potável para milhões de pessoas e desempenha um papel crucial no abastecimento de água, na irrigação, nos ecossistemas, e na sobrevivência de diversos povos indígenas.

O nome guarani é uma homenagem ao povo indígena guarani que tradicionalmente vive na região e tem uma rica cultura associada à água, esse nome guarani veio para destacar a relevância histórica e cultural da comunidade guarani na região que o aquífero se

estende no Brasil e também nos lembra que esse povo ainda vive no território do aquífero e que, portanto, deve fazer parte da sua gestão e governança.

Devido essa importância estratégica do aquífero guarani como fonte de água doce, a gestão sustentável desse aquífero tornou-se uma preocupação prioritária dos países que compartilham desse recurso, o Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai, firmaram em 2 de agosto de 2010 o acordo sobre o aquífero guarani e esses países se comprometeram com a promoção, conservação e a proteção ambiental desses sistemas de maneira a assegurar o uso múltiplo, nacional, sustentável e equitativo dos seus recursos hídricos.

Só em 23 de janeiro de 2024 o Brasil promulga esse acordo por meio do decreto 11893 de 2024 e assim o Brasil evidenciava institucionalmente a importância desse aquífero e do potencial da importância da água como uma ferramenta de cooperação, no âmbito desse acordo internacional foram elaborados uma análise diagnóstica transfronteiriça desse aquífero e um programa de ações estratégicas está em fase de implementação neste momento em todos os países que o aquífero abrange.

O QUE É O SAG?

O Sistema Aquífero Guarani (SAG) é um vasto sistema hidrogeológico com mais de 1,1MKm², que ocorre parcialmente na Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai, mas sobretudo no Brasil.

Embora se reconheça alguns problemas locais onde a exploração intensa tem exigido restrição nas perfurações, como em algumas cidades particularmente no Brasil, é possível ver que todos os estudos e por todas as características e caracterizações o aquífero é chamado de um sistema subutilizado, com muita potencialidade para ser amplamente explorado.

Águas e soluções transfronteiriças: o que nos ensina a cooperação do Sistema Aquífero Guarani

**WEBINAR ÁGUAS E SOLUÇÕES TRANSFRONTEIRIÇAS:
O QUE NOS ENSINA A COOPERAÇÃO DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI**

**O que é o SAG
(Sistema Aquífero Guarani)**

- SAG é um vasto sistema hidrogeológico (>1,1Mkm², ocorrendo parcialmente Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai) situado em uma área de imensa demanda hídrica
- Há problemas locais onde a exploração intensa têm exigido restrição na perfuração de novos poços, no entanto, o SAG ainda é um sistema subutilizado, com muita potencialidade para ser amplamente explorado.



XXIII Congresso Brasileiro
DE ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS

ABAS
Associação Brasileira de Águas Subterrâneas

**INSCREVA-SE
NO CONGRESSO:**
xxiiicongressoabas.abas.org

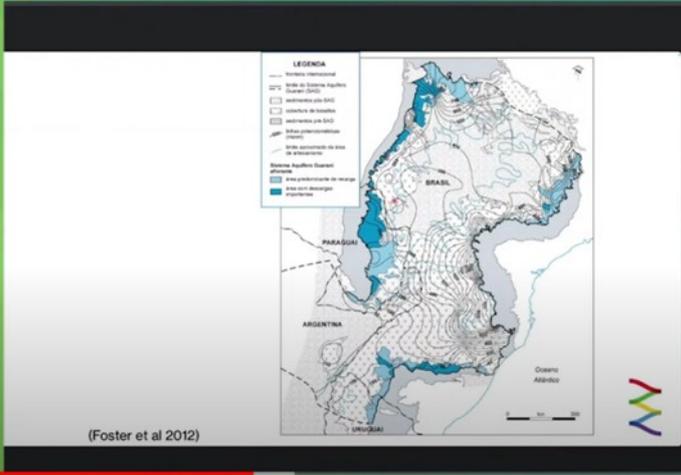


16:30 / 1:11:41

Uma característica importante do SAG é que sua extensão do aquífero ocorre nos quatros países, porém não ocorre em superfície, apenas uma pequena área do SAG mostra o SAG aflorante, em contato direto com as superfícies onde tem inter-relação com as águas superficiais, tanto na borda Leste como Oeste do aquífero ele começa a mergulhar arenitos de alta permeabilidade sob os basaltos da Formação Serra Geral, esses basaltos podem chegar no meio da bacia com mais de 1000m de espessura, com uma capacidade de confinamento, o SAG é um aquífero predominantemente confinado ou extensivamente coberto, essa é uma das características do aquífero, caracterizando a melhor forma que limita a extração da água do aquífero.

Águas e soluções transfronteiriças: o que nos ensina a cooperação do Sistema Aquífero Guarani

**WEBINAR ÁGUAS E SOLUÇÕES TRANSFRONTEIRIÇAS:
O QUE NOS ENSINA A COOPERAÇÃO DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI**



(Foster et al 2012)



XXIII Congresso Brasileiro
**DE ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS**

ABAS
Associação Brasileira de Águas Subterrâneas

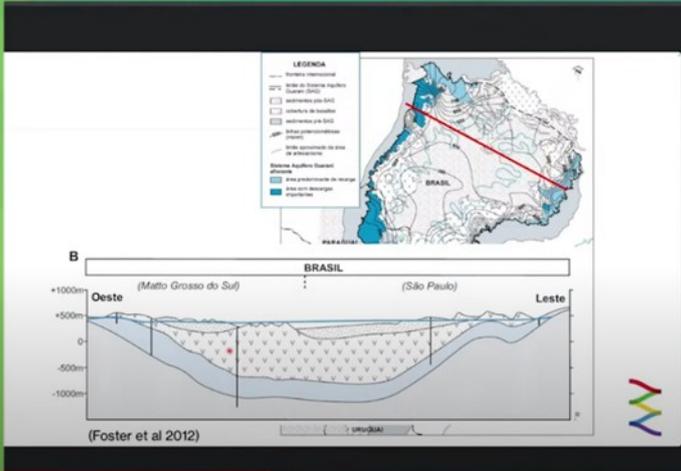
**INSCREVA-SE
NO CONGRESSO:**
xxiiicongressoabas.abas.org



16:49 / 1:11:41

Águas e soluções transfronteiriças: o que nos ensina a cooperação do Sistema Aquífero Guarani

**WEBINAR ÁGUAS E SOLUÇÕES TRANSFRONTEIRIÇAS:
O QUE NOS ENSINA A COOPERAÇÃO DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI**



(Foster et al 2012)



XXIII Congresso Brasileiro
**DE ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS**

ABAS
Associação Brasileira de Águas Subterrâneas

**INSCREVA-SE
NO CONGRESSO:**
xxiiicongressoabas.abas.org



18:01 / 1:11:41

No antigo estudo do projeto sistema aquífero guarani foram feitas datações com carbono 14 mostrando que na parte azul, parte central existe o carbono morto sem carbono atuais e na parte amarela e vermelha a água está em contato com águas jovens, é uma característica do aquífero ser dominado por águas mais antigas. Em datações mais recentes, com uso de criptônio, foram datadas idades de centenas de milhares de anos sendo condizente com a hidrodinâmica do aquífero, sendo predominado por águas chamadas águas fósseis.

Águas e soluções transfronteiriças: o que nos ensina a cooperação do Sistema Aquífero Guarani

WEBINAR ÁGUAS E SOLUÇÕES TRANSFRONTEIRIÇAS: O QUE NOS ENSINA A COOPERAÇÃO DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI

Sample	Site	Altitude (m)	Depth (m)	Distance (°) a/b (°)	14C age (°) (ka)	39K age (°) (ka)	
88-12	Atibaia	827	150	0	—	—	
88-14	Itapecerica	540	430	40	0.2	>30	75 ± 45
88-15	São João-Peixe	536	1291	200	0.5	>30	236 ± 43
88-16	Valeparaíso	372	962	340	0.8	>30	547 ± 61
88-17	Buritama	363	950	230	0.8	>30	537 ± 70
88-18	Belémizinho	425	1020	305	0.5	>30	527 ± 39
88-20	Pedernais	467	321	47	0.2	2.6	—
88-21	Agulhas	580	270	55	0.2	4.7	—
88-22	Miraflores	609	580	40	0.5	2.7	—
88-23	Guariba	611	649	30	0.2	—	—
88-24	São João	537	585	80	0.5	>30	—
88-25	Pitangueiras	198	682	36	0.5	>30	—
88-26	Monte Alto	467	581	40	0.5	—	—
88-27	Jaci	602	608	50	0.5	14.0	—
88-28	Lins	475	779	250	0.2	>30	834 ± 79
88-34	Mantua	596	991	280	0.5	>30	295 ± 21
88-36	Maringá	382	1167	560	0.8	>30	728 ± 63
88-37	Londrina	459	953	490	0.5	>30	293 ± 21

(Arggarwal et al 2014)

XXIII Congresso Brasileiro DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

ABAS

INSCREVA-SE NO CONGRESSO:
xxiiicongressoabas.abas.org

19:18 / 1:11:41

O aquífero guarani foi dividido em 5 zonas de gestão e aproveitamento:

Zona 1 não confinado; Zona 2 coberto por basalto, mas não confinado; Zona 3 intermediária confinada; Zona 4 de confinamento profundo, que coincide com a zona central do aquífero; Zona 5 de águas salinas, que ocorre mais na região da argentina. Na zona 4 ocorrem águas de aquífero confinado, chamadas de águas fósseis.

Águas e soluções transfronteiriças: o que nos ensina a cooperação do Sistema Aquífero Guarani

WEBINAR ÁGUAS E SOLUÇÕES TRANSFRONTEIRIÇAS: O QUE NOS ENSINA A COOPERAÇÃO DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI

Zonas de gestão

O SAG é regionalmente heterogêneo
5 zonas de gestão e aproveitamento

ZONE I	ZONE II	ZONE III	ZONE IV	ZONE V
Unconfined	Basalt-covered recharge	Intermediate confined	Deep confined	Confined saline water
Recharge area adjacent to recharge with important rainfall recharge	-Closely-adjacent zone with important vertical recharge through fractured basalts	-No significant recharge occurs -Old waters (>10ky) -Mined exploitation	-Same of ZIII Exploitation limited up to 400mbs of dynamic level in wells	-Saline no potable water

(Foster et al 2012)

XXIII Congresso Brasileiro DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

ABAS

INSCREVA-SE NO CONGRESSO:
xxiiicongressoabas.abas.org

20:07 / 1:11:41

Oportunidades que o SAG traz é uma relação providencial de duas coisas, um super aquífero com capacidade importante de fornecer água, numa região com alta demanda por água, sendo uma relação providencial.

As águas subterrâneas são uma oportunidade de abastecimento no Brasil, pois aquíferos estão em toda a parte, com fácil obtenção e baixo custo.

O Brasil é o 9º maior usuário de água subterrânea no mundo, com extrações superiores a 557m³/s (2019). O que dá para abastecer uma população com número superior a 200.000.000 de habitantes.

A importância do recurso hídrico está no uso privado, que são os grandes usuários da água subterrânea no Brasil, somente 17% das águas extraídas dos poços vão para abastecimento público, a maior parte das grandes cidades usa água superficial, desta forma a importância da água subterrânea se encontra no abastecimento por poços privados, onde 83% das águas retiradas estão nos poços privados. Em cidades menores ou pequenas as águas subterrâneas são usadas para abastecimento público, 52% dos municípios brasileiros fazem uso total ou parcial das águas subterrâneas., sendo estratégica para pequenos e médios municípios.

Águas e soluções transfronteiriças: o que nos ensina a cooperação do Sistema Aquífero Guarani

WEBINAR ÁGUAS E SOLUÇÕES TRANSFRONTIÇEIRAS Para sair do modo tela cheia, pressione Esc

O QUE NOS ENSINA A COOPERAÇÃO DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI

Oportunidades e desafios do SAG

- As águas subterrâneas (não somente no SAG) são uma oportunidade de abastecimento, pois está em **praticamente toda a parte (com produções distintas)**, é de fácil obtenção e baixo custo
- O Brasil é o **9º maior usuário de água subterrânea**, com extrações superiores a 557 m³/s (2019)
- A importância do recurso subterrâneo está no **uso privado (83%)**, embora **52% das cidades** façam uso desse recurso para o abastecimento público (estratégico para pequenos e médios municípios)

XXIII Congresso Brasileiro DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

ABAS

INSCREVA-SE NO CONGRESSO:
xxiiicongressoabas.abas.org

24:37 / 1:11:41

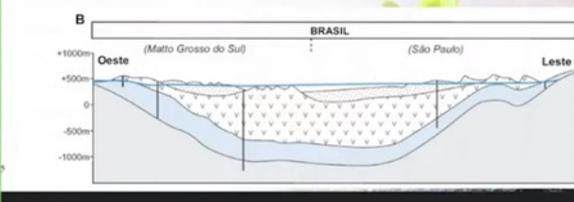
Como extrair água de forma racional e planejada de um aquífero fóssil? O guarani tem uma característica de ser recoberto por basalto e não ter relações amplas com atmosfera

e com a recarga faz com que o fluxo da água que vai pro centro da bacia ande cm a mm por ano, fazendo com que as águas tenham mais de 20.000 anos, o tempo de reposição das águas é muito superior ao tempo social, sendo uma reserva de uma vez.

**WEBINAR ÁGUAS E SOLUÇÕES TRANSFRONTEIRIÇAS:
O QUE NOS ENSINA A COOPERAÇÃO DO SISTEMA AQUIFERO GUARANI**

Oportunidades e **desafios** do SAG

- Um dos desafios maiores é como explorar de forma racional e planejada um **aquífero fóssil** (ou seja aquele que o tempo de reposição das águas é muito superior ao tempo social, >20k anos)?



**XXIII Congresso Brasileiro
DE ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS**

ABAS
Associação Brasileira de Águas Subterrâneas

**INSCREVA-SE
NO CONGRESSO:**
xxiiicongressoabas.abas.org



Na cidade de Bauru, os aquíferos tem perdido nível, na parte central o aquífero tem perdido 1m de carga hidráulica por ano, a universidade de São Paulo em conjunto com várias universidades brasileiras, do Canadá e do Japão criaram o projeto SACRE para estudar isso e outras fontes de água do aquífero guarani, outros aquíferos e das águas superficiais, pesquisando como integrar tudo isso no âmbito de um programa de gestão dentro de uma plataforma híbrida de solução integrada para aumentar a resiliência da cidade.

**WEBINAR ÁGUAS E SOLUÇÕES TRANSFRONTEIRIÇAS:
O QUE NOS ENSINA A COOPERAÇÃO DO SISTEMA AQUIFERO GUARANI**

Oportunidades e desafios do SAG

- Onde tem sido identificadas perdas de níveis de água (potenciometria): Bauru (SP)
- Projeto SACRE|Soluções de água para cidades resilientes
- Um dos maiores projetos onde o tema central é recursos hídricos subterrâneos no país



XXIII Congresso Brasileiro DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

ABAS

INSCREVA-SE NO CONGRESSO:
xxiiicongressoabas.abas.org



A perda do nível de água que afeta cidades paulistas (Ribeirão Preto, Bauru) não é bem entendida e pode ter causas como retirada do armazenamento, típico de aquíferos fósseis, ou interferências hidráulicas de poços próximos. É preciso saber se a queda no nível do aquífero será permanente ou se encontrará novo equilíbrio dinâmico. Portanto deve-se buscar longevidade do uso do recurso.

Águas e soluções transfronteiriças: o que nos ensina a cooperação do Sistema Aquífero Guarani

**WEBINAR ÁGUAS E SOLUÇÕES TRANSFRONTEIRIÇAS:
O QUE NOS ENSINA A COOPERAÇÃO DO SISTEMA AQUIFERO GUARANI**

Oportunidades e desafios do SAG

- A **perda de nível** que afeta cidades paulistas (Ribeirão Preto, Bauru) **não é bem entendida** e pode ter causas como: *retirada do armazenamento aquífero* (comum a aquíferos fósseis) ou *interferência hidráulica entre poços próximos*
- A questão é saber se as quedas são permanentes ou se encontrará outro equilíbrio dinâmico. Portanto deve-se **buscar a longevidade** do uso do recurso (com critérios socioeconômicos, ademais de hidrogeológicos): **necessidade desses estudos** (próximo projeto SAG?)

XXIII Congresso Brasileiro DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

ABAS

INSCREVA-SE NO CONGRESSO:
xxiiicongressoabas.abas.org



29:15 / 1:11:41

Outro desafio é a institucionalidade na gestão de aquífero compartilhado entre várias bacias hidrográficas, estados e país.

A participação dos comitês de bacia é crucial na gestão hídrica, porém a adição de uma solução somada a outras bacias que compartilham o mesmo aquífero não gera uma gestão suficientemente integrada que vá resolver o problema do aquífero, sendo necessário ações estaduais e federais.

**WEBINAR ÁGUAS E SOLUÇÕES TRANSFRONTEIRIÇAS:
O QUE NOS ENSINA A COOPERAÇÃO DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI**

Oportunidades e **desafios** do SAG

- Outro grande desafio é a **institucionalidade na gestão de aquíferos** compartilhado entre várias bacias hidrográficas, estados e país (todos com regras próprias)
- Embora a **participação dos comitês de bacias seja crucial na gestão hídrica**, a soma das soluções desses comitês **não gera uma gestão integrada suficiente** e há necessidade de ações estaduais e federais.

XXIII Congresso Brasileiro
**DE ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS**

ABAS
Associação Brasileira de Águas Subterrâneas

**INSCREVA-SE
NO CONGRESSO:**
xxiiicongressoabas.abas.org

QR code for registration

3. SÍNTESES DE ARTIGOS

Por último foram realizadas sínteses de artigos como “Contributions of the Brazil’s National Institute for Space Research (INPE) to emergency response in the International Space and Major Disasters Charter”, “Estudo de caso: Avaliação de um movimento de massa em uma falésia localizada na Praia da Pipa/RN” e “Avaliações geotécnicas em atrativos geoturísticos, Morro do Careca e Adjacências, RN”, na primeira síntese foi constatado a importância do INPE para o fornecimento de imagens de satélite e sua contribuição internacional para grandes desastres ao redor do mundo; no estudo do movimento de massa em uma falésia no RN, foi identificado o que ocasionou o desastre e alternativas para a sua prevenção; e na terceira síntese foi analisado a situação atual em que se encontra o Morro do Careca, um dos principais pontos turísticos do RN que vem sofrendo intenso processo erosivo marítimo e apresenta risco geológico aos frequentadores da Praia de Ponta Negra, onde fica localizado.

3.1. “CONTRIBUTIONS OF THE BRAZIL’S NATIONAL INSTITUTE FOR SPACE RESEARCH (INPE) TO EMERGENCY RESPONSE IN THE INTERNATIONAL SPACE AND MAJOR DISASTERS CHARTER”

O Brasil participa, por meio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), da Carta Internacional Espaço e Grandes Desastres – Carta dos Desastres, um esforço de cooperação internacional para fornecer imagens de satélite de grandes desastres ao redor do mundo.

A Carta de Desastres é um esforço cooperativo conjunto e voluntário de 17 membros. São apresentadas as características do funcionamento da Carta e do suporte dos satélites CBERS-4, CBERS-4A e AMAZONIA-1, incluindo suas câmeras.

Houve 213 ativações da Carta durante o período estudado (de meados de 2018 até o final de 2022), com até 368 imagens de satélite sendo fornecidas (43% da câmera WFI apresentada em todos os três satélites).

As inundações foram o tipo de desastre mais frequente e com maior número de imagens disponibilizadas. De todas as ativações nesse período, o INPE forneceu até 70% de todos os dados de sensoriamento remoto solicitados pela Carta. O esquema operacional interno é revelado e as limitações das imagens de satélite são discutidas para promover a capacidade do Brasil em imagens de satélite.

CONTRIBUIÇÕES DO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE) PARA A RESPOSTA EMERGENCIAL NA CARTA ESPACIAL INTERNACIONAL E GRANDES DESASTRES

Amanda França de Farias

3.2. “ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO DE UM MOVIMENTO DE MASSA EM UMA FALÉSIA LOCALIZADA NA PRAIA DA PIPA/RN”

A praia da Pipa, localizada no município de Tibau do Sul/RN, é caracterizada pela presença de falésias íngremes. A ação das ondas do mar causa erosão na base das falésias, o que pode ocasionar a presença de cavidades, chamadas incisões basais; a ação das ondas do mar também são responsáveis por reduzir a resistência do solo. Movimentos de massa em falésias são responsáveis por acarretar prejuízos financeiros e causar perdas humanas.

O desabamento de parte de uma falésia localizada na praia da Pipa-RN em 17 de novembro de 2020, vitimou três pessoas.

Com a ausência de chuvas fortes no período, pode-se concluir que o aumento do grau de saturação do solo da base da falésia em virtude do efeito das marés, aliado à erosão na base da falésia, foram os principais causadores da instabilidade da falésia.

3.3. “AVALIAÇÕES GEOTÉCNICAS EM ATRATIVOS GEOTURÍSTICOS, MORRO DO CARECA E ADJACÊNCIAS, RN”

A orla da Praia de Ponta Negra é um dos principais pontos turísticos do município de Natal. O Morro do Careca, localizado no canto direito da praia, constitui-se como seu principal atrativo, notadamente, por sua beleza e história com relação ao desenvolvimento turístico no estado do Rio Grande do Norte.

Contudo, há um entendimento que recentemente os processos erosivos, provocados pela ação da água em contato com a falésia que sustenta a duna do Morro do Careca, têm se intensificado no local, evidenciando situações de perigo que possam resultar em risco para os frequentadores desse local da praia.

A área de estudo limitou-se entre o final da Praia de Ponta Negra, na região do Morro do Careca, contornando pela Praia de Alagamar e retornando pelo norte da Praia da Barreira do Inferno, por trás da duna que forma o Morro do Careca (Figura 1).

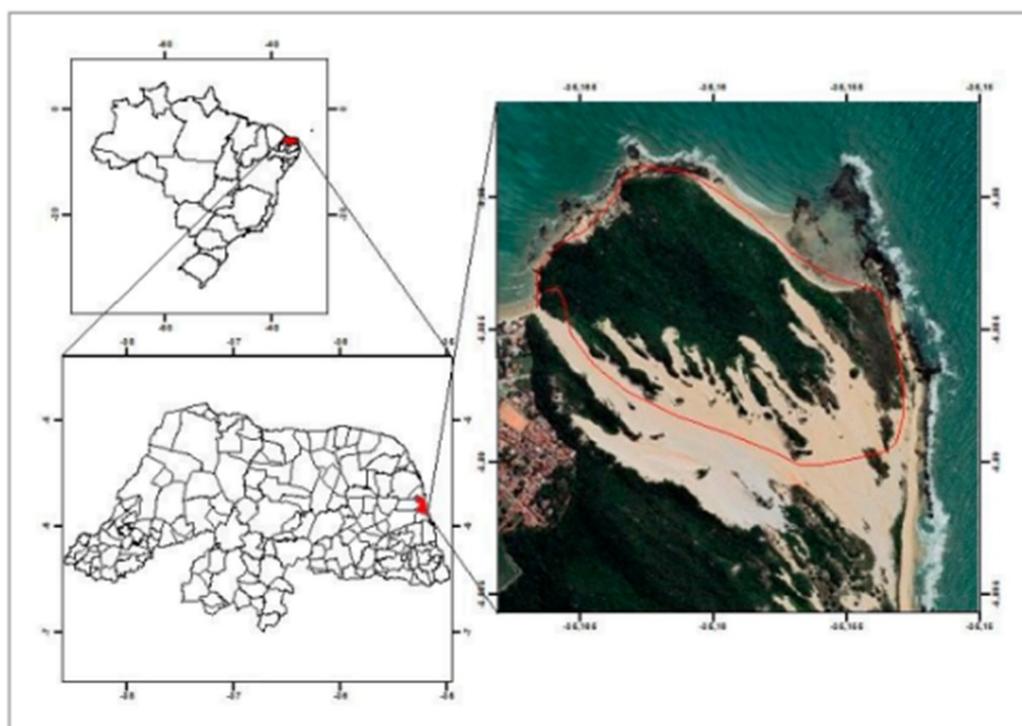


Figura 1 - Localização da área de estudos – Morro do Careca – Natal – RN – Brasil (linha em vermelha na imagem indica a trilha percorrida durante a vistoria). Fonte: elaborado pelos autores.

A geologia da área do Morro do Careca é formada por um substrato geológico composto pelos sedimentos terciários do Grupo Barreiras, sotopostos por sedimentos quaternários arenosos.

De acordo com a Carta Geológica da Folha Natal, SB-25-V-C-V (FONSECA et al., 2012), são quatro as principais unidades geológicas presentes na área (Figura 2):

N4ra - Recifes arenosos;

N4eln - Depósitos eólicos litorâneos não vegetados;

N4elv - Depósitos eólicos litorâneos vegetados;

Enb - Conglomerados a arenitos conglomeráticos e subordinadamente arenitos e argilitos.

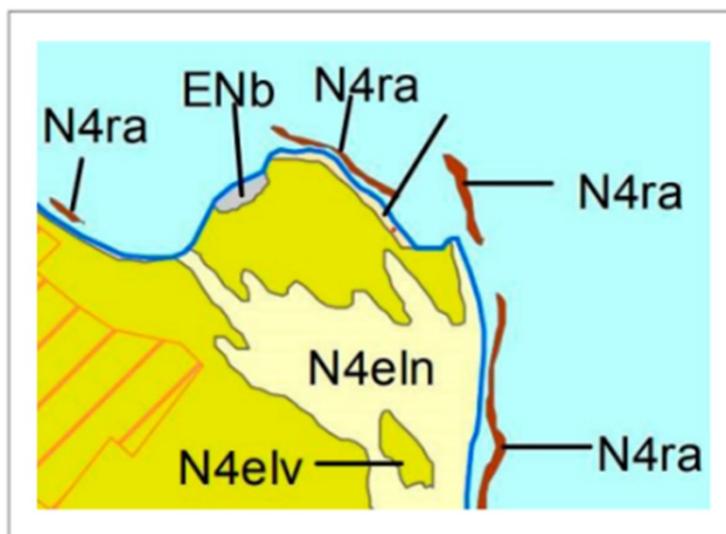


Figura 2 - Recorte do mapa geológico Folha Natal, SB-25-V-C-V, na região do Morro do Careca. A estrela vermelha indica base do morro no final da Praia de Ponta Negra. Fonte: UFRN, CPRM, 2012.

São observadas as unidades geológicas descritas na Carta Geológica de Natal (Figura 3).



Figura 3 - (A) Sedimentos terciários do Grupo Barreiras; (B) Depósitos eólicos vegetados e não vegetados; (C) Sedimentos arenosos carbonáticos – *beachrocks*. Foto: arquivo dos autores.

Outra importante feição geomorfológica observada, que indica a direção preferencial dos ventos sobre as dunas, é o *blowout*. O termo refere-se a um grande corredor de deflação (Figura 5), que é formado pela ação do vento ao carregar as partículas de areia que formam as dunas (Figura 6).



Figuras 5 - Corredor de deflação (*blowout*). (A) Vista SE/NO; (B) Vista NO/SE. Foto: arquivo dos autores.



Figura 6 - Detalhe dos sedimentos arenosos da duna. Foto: arquivo dos autores.

Com a diminuição do aporte sedimentar na alimentação da duna vindo da Praia da Barreira do Inferno e a constante erosão marinha na base da face de deslizamento, carreando os sedimentos arenosos na Praia de Ponta Negra, há um leve rebaixamento no topo do Morro do Careca, formando uma feição similar a uma “cela” (Figura 8).



Figura 8 - Rebaixamento no topo do Morro do Careca. Linha em vermelho mostra um suave rebaixamento em forma de “cela”. Fonte: Pinterest, c2023.

Dentre os principais processos geodinâmicos atuantes observados no Morro do Careca estão a erosão costeira e a mobilização das partículas de areia pelo vento. Ambos os processos são importantes no contexto de modelagem da superfície, com consequente modificação da paisagem. Contudo, em áreas onde há intensa ocupação, seja pelo avanço da urbanização, ou mesmo por trânsito e/ou concentração de pessoas, como no caso das praias, os processos geodinâmicos podem configurar uma situação de perigo gerando áreas de risco.

Na base do Morro do Careca, no final da Praia de Ponta Negra, afloram sedimentos do Grupo Barreiras em forma de falésias, com alturas entre 1,5 e 2,0 metros (Figura 9). Segundo definição de Guerra et al. (2008), essas feições são formações de relevo litorâneo esculpidas pela atuação da água dos mares e oceanos. A formação das falésias é causada, prioritariamente, por meio da erosão marítima, além de outros elementos em menor escala, como o clima e o vento. A formação das falésias resulta,

justamente, da erosão provocada pela atuação da água sobre os paredões rochosos presentes no litoral dos continentes (Figura 10).



Figura 9 - Falésia formada nos sedimentos do Grupo Barreiras.
Foto: arquivo dos autores.



Figura 10 - Evolução da erosão costeira junto a falésia. Fonte: Guerra *et al.* (2008).

No caso do Morro do Careca, o recuo da falésia, provocado pela erosão constante da variação da maré no local, está ocorrendo de forma acentuada, fazendo com que um grande volume de sedimentos arenosos, que formam a duna sobrejacente à falésia, deslize até a base da encosta (Figura 11).



Figura 11 - Pilhas de sedimentos arenosos deslizam diariamente da duna durante a maré baixa e são carreados pelo mar durante a maré alta. Foto: arquivo dos autores.

O processo de erosão costeira atuando na base da falésia tende a continuar a promover o seu recuo, fazendo com que mais sedimentos arenosos da duna deslizem e tragam consigo grandes fragmentos de blocos rochosos com potencial para provocar graves danos aos frequentadores do local;

Recomenda-se que a área em frente à duna do Morro do Careca, no nível da praia, permaneça isolada, e, se possível, ampliada até a linha vermelha na figura (Figura 16), evitando que os frequentadores da praia, ao menos até a conclusão do projeto de “engorda” da praia, circulem pelo local.



Figura 16 - Delimitação do setor que deve ser isolado no sopé do Morro do careca. Foto: arquivos dos autores.

Recomenda-se a instalação de mais placas informativas sobre os riscos geológicos existentes no local, e que estas estejam posicionadas de forma visível aos frequentadores da praia;

Recomenda-se estudos geológicos-geotécnicos específicos a respeito da erosão costeira no local, e, a partir deles, determinar a melhor intervenção a ser feita, a fim de preservar a base da encosta/falésia, com o objetivo de cessar o seu recuo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cursos realizados na ENAP (Escola Nacional de Administração Pública)

Webinars da Plataforma ABAS (Associação Brasileira de Águas Subterrâneas)

OLIVEIRA FILHO, Ivan Bispo de; MODESTO, Filipe de Brito Fratte. AVALIAÇÕES GEOTÉCNICAS EM ATRATIVOS GEOTURÍSTICOS: Morro do Careca e adjacências, m. Recife: Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), 2023.

