

Desempenho Ambiental de Sistemas Elétricos

GMA

19 a 22 de outubro de 2025

RELATÓRIO ESPECIAL PRÉVIO

Daniella Feteira Soares

Daniella Feteira Soares, Raquel Coelho Loures Fontes, Katia Garcia

1.0 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Com base nos informes técnicos apresentados, foram elencadas as principais linhas de estudos na área ambiental das empresas, relacionadas aos temas preferenciais de 2025:

Gestão Ambiental de Empreendimentos do Setor Elétrico:

Estudos sobre licenciamento ambiental, compensações e medidas mitigadoras. Avaliação de impactos ambientais em áreas de influência de usinas e linhas de transmissão.

Monitoramento e Recuperação de Ecossistemas:

Aplicação de tecnologias para monitoramento da fauna e flora, incluindo uso de drones e sensores.

Projetos de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas.

Mudanças Climáticas e Sustentabilidade:

Avaliação de riscos climáticos para ativos do setor elétrico.

Adoção de práticas sustentáveis e alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Gestão de Recursos Hídricos:

Estudos sobre qualidade da água em reservatórios e rios impactados por empreendimentos.

Modelagem hidrológica e simulações de cenários de escassez hídrica.

Educação Ambiental e Comunicação Social:

Estratégias de engajamento comunitário e educação ambiental em áreas de influência.

Avaliação da eficácia de campanhas de conscientização.

Considerando estes temas destaca-se:

Casos de sucesso em programas de compensação ambiental.

Implantação de corredores ecológicos em áreas de transmissão.

Integração de comunidades locais em projetos de conservação.

Uso de inteligência artificial para análise de dados ambientais.

Os principais métodos de análises utilizados nos informes técnicos foram:

Geoprocessamento e Modelagem Espacial.

Análise multicritério para tomada de decisão ambiental.

Uso de indicadores ambientais e sociais.

Ferramentas de simulação climática e hidrológica.

Monitoramento remoto com imagens de satélite e drones.

Possíveis lacunas:

Baixa integração entre dados ambientais e operacionais dos empreendimentos.

Falta de padronização nos indicadores de desempenho ambiental.

Pouca articulação entre empresas e órgãos ambientais para inovação regulatória.

Necessidade de maior envolvimento das comunidades locais na fase de planejamento.

Pontos de atenção para novos estudos e aprofundamento:

Desenvolver plataformas integradas de gestão ambiental com dados em tempo real.
Aprofundar estudos sobre biodiversidade em áreas de influência de empreendimentos.

Investigar impactos cumulativos e sinérgicos de múltiplos projetos em uma mesma região.

Ampliar o uso de IA e big data para análise preditiva de riscos ambientais.

Criar protocolos de avaliação de serviços ecossistêmicos relacionados ao setor elétrico.

2.0 - Classificação dos Informes Técnicos

Com base nos informes técnicos apresentados, foram elencadas as principais linhas de estudos na área ambiental das empresas, relacionadas aos temas preferenciais de 2025:

Gestão Ambiental de Empreendimentos do Setor Elétrico:

Estudos sobre licenciamento ambiental, compensações e medidas mitigadoras.

Avaliação de impactos ambientais em áreas de influência de usinas e linhas de transmissão.

Monitoramento e Recuperação de Ecossistemas:

Aplicação de tecnologias para monitoramento da fauna e flora, incluindo uso de drones e sensores.

Projetos de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas.

Mudanças Climáticas e Sustentabilidade:

Avaliação de riscos climáticos para ativos do setor elétrico.

Adoção de práticas sustentáveis e alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Gestão de Recursos Hídricos:

Estudos sobre qualidade da água em reservatórios e rios impactados por empreendimentos.

Modelagem hidrológica e simulações de cenários de escassez hídrica.

Educação Ambiental e Comunicação Social:

Estratégias de engajamento comunitário e educação ambiental em áreas de influência.

Avaliação da eficácia de campanhas de conscientização.

Considerando estes temas destaca-se:

Casos de sucesso em programas de compensação ambiental.

Implantação de corredores ecológicos em áreas de transmissão.

Integração de comunidades locais em projetos de conservação.

Uso de inteligência artificial para análise de dados ambientais.

Os principais métodos de análises utilizados nos informes técnicos foram:

Geoprocessamento e Modelagem Espacial.

Análise multicritério para tomada de decisão ambiental.

Uso de indicadores ambientais e sociais.

Ferramentas de simulação climática e hidrológica.

Monitoramento remoto com imagens de satélite e drones.

Possíveis lacunas:

Baixa integração entre dados ambientais e operacionais dos empreendimentos.
Falta de padronização nos indicadores de desempenho ambiental.
Pouca articulação entre empresas e órgãos ambientais para inovação regulatória.
Necessidade de maior envolvimento das comunidades locais na fase de planejamento.

Pontos de atenção para novos estudos e aprofundamento:

Desenvolver plataformas integradas de gestão ambiental com dados em tempo real.
Aprofundar estudos sobre biodiversidade em áreas de influência de empreendimentos.
Investigar impactos cumulativos e sinérgicos de múltiplos projetos em uma mesma região.
Ampliar o uso de IA e big data para análise preditiva de riscos ambientais.
Criar protocolos de avaliação de serviços ecossistêmicos relacionados ao setor elétrico.

2.1 - Experiências e boas práticas para a melhoria do processo de planejamento e da gestão socioambiental, desde a implantação até o descomissionamento dos empreendimentos de geração e de transmissão, destacando - 11

2.2 - Experiência das empresas do setor elétrico com relação a soluções baseadas na natureza; metodologias para avaliação e ações implantadas para obter Impacto Líquido Nulo e Positivo na biodiversidade; projetos de pagamento por serviços ambientais; avaliação de impactos, dependências, riscos e oportunidades de acordo com as diretrizes da Taskforce on Nature-related Financial Disclosure – TNFD - 4

2.3 - Experiências relacionadas a populações indígenas e outras populações tradicionais, patrimônio histórico, cultural e arqueológico: estudos e programas voltados para evitar, reduzir ou compensar interferências causadas pelos empreendimentos do setor; interação com órgãos intervenientes no processo de licenciamento ambiental (Funai, Iphan, Palmares, e outros), experiências relacionadas à consulta, livre, prévia e informada - 2

2.4 - Interação com a sociedade e comunicação socioambiental, due diligence e avaliação de impactos de direitos humanos, avaliação e mensuração de impactos de projetos socioambientais, mecanismos de compartilhamento de benefícios - 1

2.5 - Medidas de adaptação às mudanças climáticas e as implicações para o setor elétrico: desafios para reportar o escopo 3 nos inventários de emissões; iniciativas para redução das emissões na cadeia de valor; adaptações às mudanças climáticas; metodologias para estimativas de emissões de GEE em reservatórios de UHEs; avaliação da vulnerabilidade dos empreendimentos do setor elétrico às mudanças climáticas, desafios e caminhos para uma transição energética justa - 8

2.6 - Gestão da sustentabilidade empresarial e a economia circular na gestão de ativos: estratégias, inovação, mensuração, indicadores, comunicação. Gerenciamento de insumos (água, energia, combustível, papel, etc) e de resíduos sólidos e perigosos. Due diligence de fornecedores - 5

2.7 - Questões socioambientais do setor elétrico: aspectos regulatórios e interação junto aos órgãos ambientais; acompanhamento e análise; custos socioambientais dos empreendimentos de G & T em operação frente às crescentes demandas da administração pública; análise da efetividade dos programas socioambientais; avaliação de impactos cumulativos e sinérgicos - 3

2.8 - Resumo Transferido - 2

- Impacto das Queimadas nas Linhas de Transmissão do Sistema Interligado Nacional (SIN) - Diagnóstico e Recomendações
- Caracterização do padrão climático de queimadas no entorno de linhas de transmissão: um estudo de caso no Piauí
- AVALIAÇÃO DO ESTÁGIO SUCESSIONAL DE FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA PARA COMPENSAÇÃO FLORESTAL DE LINHAS DE TRANSMISSÃO
- CORREDOR ESTRATÉGICO: UMA NOVA PROPOSTA DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL PARA LINHAS DE TRANSMISSÃO
- ESTRATÉGIAS PARA REDUÇÃO DA SUPRESSÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA EM PROJETOS DE TRANSMISSÃO
- Demanda de Minerais Críticos e Estratégicos para a Transição Energética no Brasil
- Implementação de técnicas de IoT (Internet of the Things) para monitoramento de ativos e gestão de energia para fins de sustentabilidade
- Financiamento da transição energética no Brasil: mapeando investimentos de 2013 a 2023 com foco no setor elétrico
- Tecnologia de Monitoramento na Gestão de Ativos Hídricos no Setor Elétrico: Estratégias para Sustentabilidade e Eficiência
- Estudo do impacto técnico nas unidades geradoras de entradas diária de fontes renováveis causando variabilidade da operação e impactos na vazão hídrica
- Projeções do Índice de Vulnerabilidade Climática Futura na Bacia do Rio Xingu em relação aos Cenários SSPs-IPCC
- Indicadores de Justiça Energética
- Impactos Microclimáticos e Sustentabilidade de Usinas Fotovoltaicas Estudo de caso das UFV Luzia II e III
- CLIMEX: Sistema de análise de extremos climáticos e de projeções futuras para bacias de usinas do SIN
- Desafios das Mudanças Climáticas no Setor de Transmissão de Energia: Estudo de caso da Paranaíba Transmissora
- Soluções Baseadas na Natureza como indutoras da redução da vulnerabilidade ecossistêmica: o caso da Bacia do Rio Xingu
- Pegada de Carbono da Transmissão de Energia Elétrica: Diretrizes e um Estudo de Caso para o Brasil
- Avaliação do Ciclo de Vida na Produção de Hidrogênio Verde: Pegada de Carbono e Sustentabilidade Energética em Planta Piloto Fotovoltaica na UHE Itumbiara

- EFETIVIDADE DO ENGAJAMENTO DE STAKEHOLDERS NO DESCOMISSIONAMENTO DA PCH PANDEIROS: AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOCIAIS E NÍVEIS DE LEGITIMAÇÃO SOCIAL
- A eliminação de hidropicos com a criação de volume de espera em usina fio d'água - Experiência do Complexo Belo Monte
- Aplicação de análise espacial multicritério para modelagem preditiva de potencial arqueológico em projetos de Linha de Transmissão de energia no Brasil
- Avaliação transdisciplinar de integridade ecológica aplicada em uma jornada nature positive no setor elétrico
- Mapeamento de Sensibilidade de Colisões de Aves em Linhas de Transmissão: Uma Abordagem Ecológica para Avaliação de Impacto.
- Criação e replicação de Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) como uma prática de sustentabilidade corporativa – um estudo de caso do setor hidrelétrico
- Valoração do Serviço Ecossistêmico de Provisão de Água para Usinas Hidrelétricas
- REESTRUTURAÇÃO DE PROCESSOS DE INTERAÇÃO ENTRE ÁREAS CORPORATIVAS E OPERACIONAIS DE RELACIONAMENTO COMUNITÁRIO, FUNDIÁRIO E SOCIOAMBIENTAL À LUZ DE PADRÕES DE DESEMPENHO INTERNACIONAIS: O CASO “VOLTALIA”
- Uso da ferramenta ArcGIS Survey123 no aprimoramento das análises socioambientais dos estudos de planejamento da expansão do sistema de transmissão
- PRÉ-DIAGNÓSTICO SOCIAL: APRIMORANDO A GESTÃO SOCIOAMBIENTAL AO ENCONTRO DE PADRÕES DE DESEMPENHO INTERNACIONAIS
- Avaliação do ciclo de vida espaço-temporal de sistemas hidrelétricos: o caso da usina hidrelétrica de Sinop
- Análise de ciclo de vida aplicada à estimativa da pegada de carbono de parques eólicos offshore projetados para a costa brasileira
- Portal de Licenciamento Ambiental de Sistemas de Transmissão - Portal LAST
- Implementação de um Modelo Espacial Multicritério (MEM) nos estudos de planejamento de transmissão da EPE
- Uso de nano satélites na gestão socioambiental de faixa de Linhas Aéreas
- Eletro GeoProspec - Aplicação para Identificação Automática de Interferências Socioambientais e Fundiárias nos Estudos de Viabilidade de Empreendimentos de Geração e Transmissão (G&T) no PortalGEO da Eletrobras
- SMART FAIL: QUANDO OS PROCESSOS DE GESTÃO DE PROJETOS DE TRANSMISSÃO SÃO CONFRONTADOS À INCERTEZAS E EXTERNALIDADES
- Análise de Fragmentos Florestais na Mata Atlântica a partir de Estatísticas Zonais

3.0 - Relatório sobre os Informes Técnicos

Título - REESTRUTURAÇÃO DE PROCESSOS DE INTERAÇÃO ENTRE ÁREAS CORPORATIVAS E OPERACIONAIS DE RELACIONAMENTO COMUNITÁRIO, FUNDIÁRIO E SOCIOAMBIENTAL À LUZ DE PADRÕES DE DESEMPENHO INTERNACIONAIS: O CASO “VOLTALIA”

Entidade(s) - ROCHA CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA.

Autor(es) - Delfim José Leite Rocha, Vanessa Lucena Cançado, Thiago de Alencar Silva

Resumo

RESUMO

Em conformidade com a International Finance Corporation (IFC), engajar os stakeholders – internos e externos à organização - deve implicar em uma atuação colaborativa, um ‘fazer com’. Em linha com esta diretriz, o artigo aborda a reestruturação de processos de interação entre áreas corporativas e operacionais de Relacionamento Comunitário, Fundiário, e Meio Ambiente e Social da Valtalia Energia do Brasil Ltda. O projeto atende ao objetivo global corporativo de promover/intensificar o compliance de todas as operações com os Padrões de Desempenho da IFC, incrementando a capacidade de prever, prevenir e mitigar riscos socioambientais e, em consequência, alavancar a produtividade interna. Após pontuar os benchmarkings internacionais balizadores da avaliação crítica dos processos e fluxos existentes, o artigo explora a metodologia para identificar e analisar as fragilidades, oportunidades e lacunas frente a essas referências. São abordadas ainda as técnicas para avaliação da documentação disponível, realização das entrevistas semi-estruturadas com profissionais de diferentes níveis hierárquicos da empresa envolvidos em processos corporativos ou frentes de trabalho de projetos específicos, assim como a estratégia participativa para comunicação, análise e validação internas dos fluxos e procedimentos. Por razões de sigilo, não são apresentados resultados diagnósticos e conclusões detalhadas do estudo de caso. No entanto, ao abordar as referências utilizadas e descrever os procedimentos metodológicos, o artigo permite vislumbrar caminhos para adoção de processo semelhante em outras corporações e/ou empreendimentos.

DELFIN JOSÉ LEITE ROCHA 1 ; THIAGO DE ALENCAR SILVA 2 ; VANESSA LUCENA CANÇADO 3; ARIANA VICTORINO MACHADO 4 ; DANIEL LARA SEABRA 5

FERREIRA ROCHA ASSESSORIA E SERVIÇOS AMBIENTAIS LTDA (1) (2) (3); VOLTÁLIA ENERGIA DO BRASIL LTDA (4) (5)

Perguntas e Respostas

Como a metodologia proposta pode ser adaptada a empresas com estruturas organizacionais mais complexas e mais "espalhadas" pelo território?

Inicialmente, recomenda-se a aplicação do fluxo metodológico definido conforme o estudo de caso em questão ao núcleo corporativo da organização. Na sequência, com base em uma pré-seleção de unidades operacionais, em diferentes territórios, feita pela célula corporativa, amparada por eventual consultoria especializada envolvida no Projeto de Reestruturação, dar-se-á à reaplicação da metodologia em cada uma dessas unidades, grosso modo na mesma sequência aplicada ao núcleo corporativo. Cabe destacar, no entanto, que o Guia Metodológico que será a base para o trabalho em cada unidade será composto não só pelos padrões internacionais de referência, mas também pelo arcabouço de fluxos de processo e procedimentos resultante da aplicação do Projeto ao núcleo corporativo. Portanto, será à luz desse Guia que serão identificadas, avaliadas e hierarquizadas as fragilidades, lacunas e oportunidades de processos e procedimentos próprios de cada unidade analisada, conduzindo à proposta de sua reestruturação pelo núcleo corporativo e/ou consultoria especializada e à sua adequação final no âmbito de processo participativo conduzido internamente à unidade. Dois fatores, no entanto,

serão fundamentais para garantir a organicidade dos resultados do Projeto: i) a condução prévia, por parte do núcleo corporativo, de uma ambientação das unidades operacionais quanto aos objetivos, linhas gerais metodológicas, resultados e benefícios do Projeto; e ii) as eventuais adequações feitas, no bojo de cada unidade, aos fluxos de processo e procedimentos definidos no "capítulo" corporativo do Projeto terem um caráter de especificidades para melhor se ambientarem às características de cada território, mas mantendo o eixo estruturante de processos e procedimentos definido na etapa corporativa do Projeto.

Além das áreas que possuem atribuições diretas com as questões socioambientais, seja por força de licenciamento ambiental, negociação de terras ou por iniciativas de responsabilidade social, outras áreas, como as de engenharia, foram também envolvidas na discussão?

A seleção das áreas da organização a serem diretamente envolvidas no Projeto de Reestruturação foi prerrogativa da Voltália. No entanto, outras áreas, como as de engenharia e de gerenciamento de projetos, participaram indiretamente à medida em que políticas e procedimentos vigentes relativos, por exemplo, a gerenciamento de projetos e à interação com áreas de prospecção foram considerados na fase de análise da documentação existente. Adicionalmente, foram identificados, tanto nos fluxos e procedimentos então vigentes avaliados, quanto em suas propostas de reestruturação, aqueles produtos que deviam ser destinados a outras áreas ou, minimamente, aos quais deveria ser dado o seu conhecimento. Além disso, quando dos workshops participativos, por iniciativa da Voltália foram convidados representantes da área de gerenciamento de projetos que, portanto, participaram do processo interativo a respeito das propostas de reestruturação de fluxos de processos e procedimentos.

Quais as principais recomendações para uma empresa que deseja fazer esta compatibilização de seus processos corporativos e operacionais de relacionamento comunitário com os padrões de desempenho internacionais?

Quais seriam os próximos passos a serem considerados a partir da análise descrita no artigo?

O próximo passo a partir do término da aplicação do Projeto, conforme o estudo de caso apresentado, deve ser a aplicação prática dos fluxos de processo e procedimentos readequados a um projeto da organização, o que pode, inclusive, abarcar a retroanálise de fases passadas do processo de viabilização do empreendimento, tais como licenciamento ambiental prévio e de instalação, caso o projeto escolhido já esteja em operação. A partir dos resultados dessa aplicação, deve ser proceder à análise crítica dos fluxos de processo e procedimentos propostos a título de reestruturação, fazendo as devidas adequações. Cabe destacar que, na proposição original do Projeto, o mesmo comportaria essa segunda etapa imediata, envolvendo a consultoria especializada responsável pela condução da etapa inicial retratada no estudo de caso apresentado. No entanto, por decisão da Voltália, essa etapa subsequente ficou de ser desenvolvida exclusivamente de forma interna à organização. Por fim, cabe destacar a recomendação de que essa segunda etapa também guarde um caráter participativo, envolvendo representantes das diferentes áreas envolvidas na "rolagem" prática do Projeto para uma análise crítica final de quais foram efetivamente os resultados satisfatórios e das adequações que

devem ainda ser feitas na proposta de reestruturação que deu início à etapa de aplicação prática.

Título - Uso da ferramenta ArcGIS Survey123 no aprimoramento das análises socioambientais dos estudos de planejamento da expansão do sistema de transmissão

Entidade(s) - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA

Autor(es) - André Cassino Ferreira, Andre Viola Barreto, Thiago Galvão, Paula Cunha Coutinho de Andrade

Resumo

RESUMO

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE), vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME), é responsável por coordenar os estudos de planejamento de expansão do sistema de transmissão de energia elétrica, consolidados nos Relatórios R1, R2, R3, R4 e R5. No Relatório R1, são recomendados os empreendimentos ou ampliações que representam a melhor alternativa para equacionar uma necessidade do sistema, sendo utilizados critérios técnico-econômicos e socioambientais. Usualmente, as análises socioambientais do R1 são realizadas a partir de dados secundários, utilizando-se imagens de satélite e bases georreferenciadas públicas dos principais temas. Contudo, nos estudos conduzidos em regiões com complexidades socioambientais e construtivas, são realizados trabalhos de campo, com objetivo de auxiliar as tomadas de decisão, tais como a análise de viabilidade da solução, a escolha da melhor região para implantação de subestação e a rota de nova linha de transmissão. A partir de 2023, para apoio às visitas técnicas, a equipe da EPE iniciou a utilização do ArcGIS Survey123, aplicação desenvolvida pela empresa Esri que possibilita a criação de formulários customizados para a coleta de informações de campo, preenchidos a partir de celulares ou tablets. Este Informe Técnico apresenta os ganhos obtidos com a utilização da ferramenta, tendo como base três estudos de caso, envolvendo atividades de campo realizadas durante a elaboração de relatórios de planejamento de expansão da transmissão.

ANDRÉ CASSINO FERREIRA (1), ANDRÉ VIOLA BARRETO (1), THIAGO GALVÃO (1), PAULA CUNHA COUTINHO DE ANDRADE (1)
EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (1)

Perguntas e Respostas

Como os resultados das análises feitas pela ferramenta são integrados aos demais estudos realizados no R1 (análise técnico-econômica)?

As análises realizadas com auxílio da ferramenta possuem impacto direto na avaliação técnico-econômica da expansão do sistema de transmissão. Podemos citar como exemplos: i) alteração da região inicialmente indicada para a construção de uma nova subestação; ii) mudança na extensão dos traçados referenciais das linhas de transmissão, ocasionada pela alteração da região de implantação de subestação ou do corredor de estudo de uma LT; iii) modificação no custo estimado de implantação dos projetos em função das mudanças locais mencionadas; iv) alteração no rol de obras indicadas, em virtude de complexidades socioambientais identificadas em campo.

Na percepção dos autores, em que medida a utilização da ferramenta pode melhorar a qualidade técnica dos estudos socioambientais realizados no R3?

O uso da ferramenta auxilia na identificação prévia dos potenciais terrenos para novas subestações e traçados para linhas de transmissão e seccionamentos, antecipando, na fase do Relatório R1, resultados usualmente obtidos durante a elaboração dos Relatórios R3. Além disso, como apresentado no artigo, a ferramenta vem sendo utilizada pela EPE no acompanhamento em campos realizados na fase dos Relatórios R3, contribuindo para a análise crítica dos resultados e definição da melhor solução de expansão, conjugando aspectos técnicos, econômicos e socioambientais.

Além do desenvolvimento do questionário de campo para implementação no ArcGisSurvey 123, foram definidos critérios para balizar a tomada de decisão?

A tomada de decisão acerca da melhor alternativa de expansão ou da localização referencial dos empreendimentos envolve intenso debate entre as equipes das Superintendências de Transmissão de Energia (STE) e de Meio Ambiente (SMA) da EPE. Aspectos, por exemplo, como interferência em áreas urbanas, terras indígenas ou unidades de conservação de proteção integral são indicativos de inviabilidade de um empreendimento ou da necessidade de alteração no posicionamento de subestações e linhas. Para padronização dos critérios de análise de escritório, anterior ao campo, foi desenvolvida uma ferramenta própria de Modelagem Espacial Multicritério, denominada SIMEPE (Sistema de Modelagem Espacial da EPE), que, através da sobreposição das camadas de temas socioambientais e da álgebra de mapas gera superfícies de custo, corredores e traçados automatizados, demonstrando áreas de maior ou menor aptidão para implantação dos empreendimentos. O desenvolvimento dessa ferramenta é tema de artigo que também será apresentado no SNPTEE - Implementação de um Modelo Espacial Multicritério (MEM) nos Estudos de Planejamento de Transmissão da EPE (GMA - 1788). O trabalho de campo é realizado em casos de maior complexidade, quando as informações de escritório não são suficientes para a tomada de decisão.

Qual o maior desafio enfrentado na implementação da ferramenta na opinião dos autores?

Título - PRÉ-DIAGNÓSTICO SOCIAL: APRIMORANDO A GESTÃO SOCIOAMBIENTAL AO ENCONTRO DE PADRÕES DE DESEMPENHO INTERNACIONAIS

Entidade(s) - ROCHA CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA.

Autor(es) - Delfim José Leite Rocha, Thiago de Alencar Silva

Resumo

RESUMO

O Padrão de Desempenho 1 da International Finance Corporation estabelece a importância da gestão do desempenho socioambiental de um projeto durante todo o seu ciclo de vida, por meio da avaliação integrada de impactos, riscos negativos e oportunidades, e do adequado engajamento das partes interessadas. Ao encontro desses objetivos, este artigo apresenta o “Pré-diagnóstico Social” (PDS), estratégia para complementar o diagnóstico socioambiental tradicional, aprimorando-o e customizando-o à luz das percepções das populações e instituições locais sobre a

realidade do território, suas fragilidades, potencialidades e necessidades. O artigo aborda a aplicação do PDS em due diligences para configurar um retrato da realidade territorial e da qualidade do processo de relacionamento com stakeholders ; para orientar o desenvolvimento de termos de referência para licenciamento ambiental de projetos; para embasar a concepção de planos de engajamento de stakeholders ; e para subsidiar a adequação de projetos sociais e ambientais na mudança de etapas do ciclo de vida de empreendimentos. A partir desses casos , abordam-se técnicas fundamentais para o sucesso de um PDS e as principais diretrizes para sua adoção. Por fim, são contemplados os principais benefícios que podem ser advindos para melhor subsidiar o escopo de estudos e projetos para licenciamento ambiental e a título de Responsabilidade Social Corporativa, bem como o processo de engajamento de stakeholders , materializando o PDS como importante estratégia para planejar e estabelecer um processo social e ambientalmente eficaz e efetivo para identificar e gerir riscos e impactos ao longo das diferentes etapas de um projeto.

DELFIM JOSÉ LEITE ROCHA (1); THIAGO DE ALENCAR SILVA (2)
FERREIRA ROCHA ASSESSORIA E SERVIÇOS AMBIENTAIS LTDA
Perguntas e Respostas

De que forma a utilização de inteligência artificial e de ferramentas de análise geoespaciais podem trazer ganhos para a efetividade do PDS e, por conseguinte, para o fortalecimento da LSO?

O uso de inteligência artificial para acompanhamento das redes sociais das comunidades do entorno do empreendimento e, principalmente, para mapeamento de outros stakeholders estratégicos (mídia, entre outros), que exerçam influência e formação de opinião sobre o território, possibilita identificar temas materiais e seus rebatimentos sobre o projeto em si, possibilitando o planejamento e a colocação em prática de estratégias de divulgação e discussão de informações sobre o empreendimento, tanto junto aos stakeholders assim mapeados, quanto às próprias populações impactadas, que resultem em um nível maior de esclarecimento. Além disso, as percepções captadas desse modo poderão colaborar para orientar aprimoramentos no projeto e em suas medidas de prevenção, mitigação e monitoramento de impactos negativos, bem como de alavancagem de impactos positivos. Adicionalmente, com esse acompanhamento via inteligência artificial poderão ser detectadas potenciais parcerias regionais, antes não conhecidas, que venham, junto com as variáveis acima comentadas, influenciar positivamente o nível de conhecimento atualizado do território e, por conseguinte, a legitimação social do empreendimento. Por sua vez, o uso das ferramentas de análises geoespaciais viabilizará a identificação, no território, dos diferentes stakeholders mapeados e contatados, bem como a distribuição de seus diferentes temas materiais, níveis de influência e relevância. Como resultado desse mapeamento territorial, contribui-se para aprimorar a proposição e a colocação em prática de ferramentas e estratégias de relacionamento, com benefícios para ampliar o conhecimento sobre o empreendimento, a melhor captação de percepções e a sua transformação em fatores para influenciar positivamente a sustentabilidade do ativo.

Há limites para a incorporação de uma abordagem transescalar na metodologia proposta (demandas de agências de rating internacionais, ou de movimentos sociais articulados em nível regional, por exemplo)?

A princípio, não há limites para esse tipo de abordagem na elaboração do Pré-diagnóstico Social (PDS). Por um lado, demandas de agências internacionais, uma vez conhecidas e julgadas relevantes para alavancar a legitimação social e a sustentabilidade do ativo, poderão integrar o filtro de parâmetros para balizar a análise das percepções e o aprimoramento de medidas propostas para beneficiar o projeto e as populações por ele impactadas. Lado outro, no que tange a "bandeiras" de movimentos sociais, estas, uma vez detectadas, por exemplo, pelo uso de inteligência artificial ativa sobre mídias digitais, poderão ser avaliadas em termos de sua materialidade e de seu nível de influência junto ao tecido social do território (também via mapeamento de redes sociais em conjunto com resultados de entrevistas semiestruturadas, questionários e/ou outras estratégias aplicadas), respaldando ou não a pertinência de sua incorporação ao filtro de análise acima mencionado.

Como é feito o diagnóstico de serviços ecossistêmicos das comunidades no âmbito do Pré-Diagnóstico Social?

O Pré-diagnóstico Social (PDS) fundamenta sua metodologia em aliar o diagnóstico técnico à captação e avaliação de percepções junto aos stakeholders, com vistas a aprimorar/atualizar o conhecimento sobre o território. Esse conhecimento inclui os denominados Serviços Ecossistêmicos (SE), que, em última análise, são recursos naturais presentes no território que detêm valor junto à população da região em análise. Assim, o conhecimento técnico sobre os SE poderá advir, por exemplo, do diagnóstico socioambiental e cultural tradicional, enquanto que a sua importância junto a diferentes tipologias de stakeholders será descortinada pela captação e análise das percepções por meio da aplicação de estratégias e ferramentas diversas. Essa metodologia é aplicada no PDS não só para o diagnóstico, mas também para a identificação e valoração de impactos que já estão presentes sobre os SE e/ou que poderão ser advindos do projeto foco do PDS e/ou de cumulatividade e sinergia derivada de outros ativos presentes ou projetados para o território. Adicionalmente, o trabalho de relacionamento "corpo a corpo" desenvolvido para o PDS propiciará identificar quais as formas socialmente mais eficazes e efetivas para se proceder ao "disclosure" do diagnóstico, avaliação de impactos e medidas propostas relativas aos SE junto aos diferentes estratos da população no território, considerando, inclusive, seus diversos níveis de vulnerabilidade social. Em suma, a aplicação do PDS permite o tratamento dos SE em plena aderência com os padrões internacionais de sustentabilidade aplicáveis ao tema e ao engajamento de stakeholders como, entre outros, pela International Finance Corporation e os Princípios do Equador.

Qual a importância do Pré-Diagnóstico Social para a obtenção e manutenção da Licença Social para Operar?

Título - Avaliação do ciclo de vida espaço-temporal de sistemas hidrelétricos: o caso da usina hidrelétrica de Sinop

Entidade(s) - FACULDADES CATOLICAS, PSR Soluções e Consultoria em Energia Ltda

Autor(es) - Vanessa Cardoso de Albuquerque, Rodrigo Flora Calili, Luiz Rodolpho Sauret Cavalcanti de Albuquerque, RAFAEL KELMAN

Resumo

RESUMO

A matriz elétrica brasileira passa por profundas transformações, impulsionadas pela inserção massiva de fontes renováveis intermitentes e pela redução da capacidade de regularização das usinas hidrelétricas. Nesse contexto, a avaliação do ciclo de vida (ACV) com incorporação de parâmetros espaciais e temporais emerge como uma abordagem metodológica relevante para a análise de impactos ambientais em sistemas de geração de energia. Este estudo propõe um novo modelo de ACV espaço-temporal de usinas hidrelétricas com reservatório, aplicado à Usina Hidrelétrica de Sinop, localizada no estado de Mato Grosso, Brasil. Diferentemente da ACV convencional, que assume homogeneidade espacial e temporal, o modelo desenvolvido integra esses parâmetros em todas as fases do ciclo de vida das usinas em foco. A metodologia compreende: (i) revisão da literatura para identificar questões centrais, lacunas e problemas de pesquisa não resolvidos; (ii) desenvolvimento de um modelo conceitual de ACV espaço-temporal, incorporando discretização temporal anual e impactos geograficamente diferenciados; e (iii) aplicação do modelo à Usina de Sinop, de 402 MW para fins de validação. Os resultados indicam que os impactos de construção e montagem atingem seu pico no quarto ano, sendo a produção de concreto e aço os principais fatores contribuintes. Espacialmente, o modelo identifica pontos críticos (hotspots) além do Brasil, como efeitos significativos na China. Assim, o modelo proposto avança na metodologia de ACV e oferece subsídios práticos para o planejamento e operação sustentáveis de projetos hidrelétricos, contribuindo para o desenvolvimento estratégico do setor no Brasil.

VANESSA CARDOSO DE ALBUQUERQUE¹², RODRIGO FLORA CALILI¹, MARIA FATIMA LUDOVICO DE ALMEIDA¹, LUIZ RODOLPHO SAURET CAVALCANTI DE ALBUQUERQUE², RAFAEL KELMAN²

¹PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO (PUC-RIO), ²PSR SOLUÇÕES E CONSULTORIA EM ENERGIA

Perguntas e Respostas

Qual é a opinião dos autores sobre a consideração da ACV no processo de licenciamento ambiental de usinas hidrelétricas?

Como o Portal considera na análise de traçados de linhas aos aspectos que não têm coordenadas geográficas definidas, que não estão identificados em bases geográficas, como o caso de comunidades quilombolas que ainda não têm RTID, comunidades tradicionais que não têm território delimitado (autodeclaração), RPPNs e UC municipais, cavernas, por exemplo?

Os autores pretendem incorporar outras categorias para medir impactos sociais? Ampliar para uma ACV social, como direitos humanos, impactos nas comunidades locais?

O Informe Técnico em questão foi desenvolvido como parte de um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), que incorpora outras abordagens na avaliação de ciclo de vida, além dos aspectos espaço-temporais, passando a incluir impactos sobre a Biodiversidade, um estudo de avaliação social de ciclo de vida (ASCV) e

aspectos energéticos.

Embora não tenham sido abordados neste IT, os impactos sociais fazem parte da metodologia proposta pelo P&D e inclui temas como deslocamento compulsório, pressão sobre a infraestrutura do local de implementação das usinas, interferência sobre a população tradicional, geração de empregos, e outros seis impactos sociais.

Que resultados podem ser destacados pelo fato do estudo de ACV não ter sido conduzido numa abordagem convencional?

A maioria dos estudos realizados para a ACV costuma adotar a abordagem atribucional, que considera a relação entre as entradas e saídas do sistema, considerando coprodutos e realizando alocação, se necessário. Faz a avaliação dos impactos ambientais do berço ao túmulo, desconsiderando efeitos indiretos, e tende a ser utilizada em sistemas estáticos. Entretanto, o estudo realizado adotou a abordagem consequencial, que em resumo, busca incluir no modelo as consequências das escolhas e de mudanças a nível de construção, produção, operação, consumo e descarte de um bem ou serviço. Essa abordagem é comumente utilizada em sistemas dinâmicos.

Além disso, uma das principais contribuições metodológicas deste estudo é a integração de parâmetros espaciais e temporais em um novo framework de ACV para sistemas de geração de energia hidrelétrica no Brasil. Ao comparar com os estudos prévios de ACV de geração de energia hidrelétrica desenvolvidos em diversos países (Turconi et al., 2014; Messagie et al., 2014; Vuarnoz e Jusselme, 2018; Cusenza et al., 2020; Pereira e Posen, 2020; Schomberg et al., 2022), observa-se que a inclusão conjunta de considerações espaciais e temporais ainda é incipiente, de forma que o estudo desenvolvido pôde preencher uma lacuna do conhecimento.

O desenvolvimento do estudo empírico realizado torna claro que a inserção de parâmetros espaciais e temporais na avaliação de ciclo de vida permite uma ampla gama de discussões, evidenciando os anos de maior impacto e as regiões mais impactadas. Alterações nas informações sobre a origem dos materiais e nos cenários de expansão da matriz proporcionam análises comparativas dos resultados obtidos para cada nova premissa. Essas discussões a partir do estudo de cenários não são possíveis para o modelo convencional.

Por que não foi possível calcular o indicador de mudança climática com a discretização das fases do ciclo de vida?

A Tabela 3 apresenta os resultados do indicador de mudança climática por fases do ciclo de vida em sua primeira linha da página 7, após quebra de página. O valor total foi incluído ao final da página 6, entretanto, os valores por fases do ciclo de vida estão expostos no início da página 7.

Na fase de Construção e montagem, o valor obtido foi de 2,126375 kg CO₂-eq. Na fase de Operação e manutenção, o valor foi de 0,004174 kg CO₂-eq. E, por fim, na fase de Descomissionamento, foi obtido para este indicador o valor de 0,000181 kg CO₂-eq. O valor consolidado das três fases é 2,130731 kg CO₂-eq.

Título - Análise de ciclo de vida aplicada à estimativa da pegada de carbono de parques eólicos offshore projetados para a costa brasileira

Entidade(s) - Instituto de tecnologia para o desenvolvimento ,Petróleo Brasileiro S.A.

Autor(es) - Mariana d'Orey Gaivão Portella Bragança, Julia Stefany Chagas Albrecht, CAMILA MARÇAL GOBI PACHER, ANA PAULA OENING, ROBINSON ANTONIO SILVA

Resumo

RESUMO

A energia renovável tem sido considerada uma alternativa viável, uma vez que apresenta características como fontes de origem primária, de baixo risco e inesgotáveis. Embora alternativas como estas apresentem vantagens, principalmente em relação aos aspectos ambientais, a sua instalação, uso e descomissionamento podem representar impactos ambientais, incluindo a liberação de gases do efeito estufa (GEE). Avaliar a geração de GEE relativos às diferentes fontes de energia renovável possibilita a tomada de decisão pautada em aspectos ambientais. Neste contexto, a análise do ciclo de vida (ACV) mostra-se como uma ferramenta de gestão ambiental a partir da qual é possível quantificar os impactos ambientais de um dado processo ou produto, ao longo de todo o seu ciclo de vida, e dividi-los em categorias associadas aos aspectos ambientais afetados. Assim, o presente estudo propõe uma análise do ciclo de vida modular dos elementos que compõem parques eólicos offshore no Brasil, com o objetivo de avaliar as emissões mínimas de gases de efeito estufa para os conjuntos aerogerador, torre, fundação e cabo, de modo a possibilitar a utilização de tais parâmetros, de forma complementar, na tomada de decisão de um projeto. Os resultados indicaram que as fundações apresentaram a contribuição mais significativa em emissões de GEE, sendo a monopile a mais prejudicial. Para os aerogeradores, os impactos verificados foram proporcionais ao raio das pás. Desconsiderando os aspectos construtivos de compatibilidade estrutural, verificou-se que os conjuntos estudados podem apresentar emissões de GEE 25,42 a 944,64 g CO₂-eq/kWh a depender do conjunto fundação, torre e aerogerador.

MARIANA D'OREY GAIVÃO PORTELLA BRAGANÇA¹, JULIA STEFANY CHAGAS ALBRECHT¹, CAMILA MARÇAL GOBI PACHER¹, ANA PAULA OENING¹, ROBINSON ANTONIO SILVA²

¹INSTITUTO DE TECNOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO – LACTEC,

²PETRÓLEO DO BRASIL - PETROBRAS

Perguntas e Respostas

Qual é a opinião dos autores sobre a consideração dos resultados da pegada de carbono como um dos critérios de avaliação no processo de licenciamento ambiental dos parques eólicos?

Acrescer os resultados de pegada de carbono como um dos critérios de avaliação no processo de licenciamento ambiental pode ser interessante e servir como uma camada adicional na tomada de decisão, embora tais aspectos digam respeito mais aos conjuntos utilizados do que ao local estabelecido.

O resumo do artigo apresenta uma pegada dos conjuntos estudados entre 25 e 944 gCO₂/kWh, o que não é retomado no texto. Comente esta variação, tendo como contexto outras fontes de geração de energia elétrica.

Uma vez que não se seguiu com a análise de um parque completo, utilizou-se apenas termos médios e percentuais entre as partes, sendo um número geral e

bastante variável o conjunto, a depender das especificações definidas pelo projetista. Porém, a faixa de valores foi apresentada de modo a validar a metodologia desenvolvida, em termos comparativos com a literatura.

Que processos significativos podem ter ficado de fora da análise, em função do critério de corte para a fronteira do sistema?

Os processos industriais de fabricação dos aerogeradores, que podem ser diferenciados para cada unidade fabril diante da tecnologia disponível e normas aplicáveis no país de origem (especialmente em termos ambientais) certamente pode ter um impacto, ainda que dados da literatura respaldem o estudo desenvolvido sobre a premissa das massas, que representa 70% dos impactos associados, em média.

Título - Portal de Licenciamento Ambiental de Sistemas de Transmissão - Portal LAST

Entidade(s) - TECHNE-GESEL PROJETOS E ANÁLISES LTDA, Interface Consultoria Atividades Ltda.

Autor(es) - Lillian Monteath, NIVALDE JOSE DE CASTRO, Mauricio Moszkowicz, Benoit Lagore, Eugenia França Freire

Resumo

RESUMO

O licenciamento ambiental é essencial para assegurar que empreendimentos de linhas de transmissão (LT) sejam implementados, respeitando critérios socioambientais. A competência para conduzir esses licenciamentos é definida pela Lei Complementar nº 140/11, que determina a atuação federal, estadual ou municipal com base na abrangência dos impactos do empreendimento. Frequentemente, o licenciamento de LT demanda estudos complexos, particularmente em regiões de alta sensibilidade ambiental, o que pode ter impactos em prazos e custos. Consciente da importância do tema, a State Grid Brazil Holding (SGBH) patrocinou um projeto no âmbito do Programa de P&D da ANEEL, com o objetivo de desenvolver um portal de apoio ao processo de licenciamento ambiental. O projeto foi nomeado “Portal de Referência para o Licenciamento Ambiental de Sistemas de Transmissão”, sob o código PD-05018-0419/2019. O Portal LAST foi concebido como uma solução tecnológica que automatiza etapas críticas do processo, proporcionando maior agilidade, eficiência e integração entre os profissionais envolvidos. Este artigo demonstra como o Portal LAST pode agilizar processos complexos como o licenciamento ambiental. Ao integrar dados, otimizar análises e oferecer ferramentas inovadoras, o sistema se posiciona como uma solução para projetos de transmissão alinhados às melhores práticas socioambientais e regulatórias.

LILLIAN MONTEATH¹, NIVALDE DE CASTRO¹, MAURÍCIO MOSZKOWICZ¹, RICARDO ABRANCHES FELIX CARDOSO JR², ALESSANDRA HOFFMANN², JANO SOUZA³, GERALDO ZIMBRÃO³, LUIZ FELIPE OLIVEIRA³, REBECA CAMPOS MOTTA⁴, BENOIT LAGORE⁵, EUGÊNIA FRANÇA FREIRE⁵, BRUNO BUSATO ROCHA⁵

¹GRUPO DE ESTUDO DO SETOR ELÉTRICO (GESEL), ²STATE GRID BRAZIL HOLDING (SGBH), ³UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Perguntas e Respostas

É possível adaptar a ferramenta para a geração de energia elétrica?

Sim, todos os pilares que são base para o Portal podem ser adaptados para trabalhar com sistemas de geração ou outros sistemas. Como exemplo, foi feita uma adaptação para a área de transporte de óleo e gás, tendo sido feita, inclusive, uma apresentação detalhada à equipe de técnicos da ANP.

Como o Portal considera na análise de traçados de linhas aos aspectos que não têm coordenadas geográficas definidas, que não estão identificados em bases geográficas, como o caso de comunidades quilombolas que ainda não têm RTID, comunidades tradicionais que não têm território delimitado (autodeclaração), RPPNs e UC municipais, cavernas, por exemplo?

O Portal considera, por princípio, a importação de camadas oriundas de bases de dados públicas e georreferenciadas. Dessa forma, informações que não atendam esses requisitos não estão consideradas na análise de afetação realizada pelo Portal. Caso se queira considerar estas comunidades, ainda não constantes nas camadas 32 temáticas, um procedimento adicional deve ser realizado fora do Portal

Como se garante a atualização das informações geoespaciais utilizadas no Portal?

A garantia de eficiência do Portal e suas análises pressupõe atualizações periódicas e sistemáticas das bases de dados públicas e que compõem as 32 camadas consideradas pelo Portal. Devem ser monitorados também os procedimentos normativos, para atualização do regramento, quando necessário, com consequente atualização dos workflows. Esta foi uma recomendação do Projeto de P&D, já tendo sido realizada uma atualização geral, por demanda da SGBH.

O Portal foi ou está sendo utilizado em projetos reais de licenciamento? Pode citar casos ou testes piloto?

O sistema já foi registrado ou transferido a órgãos públicos ou empresas? Como se garante sua sustentabilidade no longo prazo?

Título - Implementação de um Modelo Espacial Multicritério (MEM) nos estudos de planejamento de transmissão da EPE

Entidade(s) - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA

Autor(es) - Clayton Borges Silva, PEDRO ANTONIO DA SILVA PIACESI, Paula Cunha Coutinho de Andrade, Thiago Galvão

Resumo

RESUMO

A modelagem espacial multicritério (MEM) tornou-se uma importante ferramenta de planejamento, auxiliando na identificação de áreas para a implantação de infraestruturas energéticas. Ela combina critérios físicos, ambientais, sociais,

econômicos e legais, reduzindo subjetividades na tomada de decisão. A Empresa de Pesquisa Energética - EPE tem testado o MEM em estudos de transmissão. No entanto, desafios como a padronização de operações e o tempo gasto no preparo de dados dificultam sua adoção padrão nos relatórios R1. Para otimizar o processo, a EPE desenvolveu o SIMEPE, um modelo interno, baseado em álgebra de mapas, para automatizar as etapas de maior consumo de tempo de operação. O projeto se baseou nas etapas da metodologia CRISP-DM para estruturação do desenvolvimento do modelo. Os principais pontos de melhoria foram as etapas de pré-processamento e processamento dos dados, automatizadas utilizando ferramentas ETL, o que reduziu as etapas de operação manual de dados. O modelo inclui três módulos: (1) entrada de parâmetros, com interface web para seleção de camadas e ponderações de Atrito e Peso; (2) processamento de dados, que executa as etapas de preparação e processamento dos dados, gerando uma superfície de custo; e (3) geração de corredores, que calcula rotas de menor custo entre pontos. A automação reduziu sensivelmente o tempo operacional, permitindo aos analistas maior tempo para a avaliação e discussão dos resultados. O modelo padroniza processos, emite relatórios dos parâmetros adotados e melhora a eficiência da operação, facilitando a incorporação da análise multicritério no planejamento de linhas de transmissão.

CLAYTON BORGES DA SILVA (1), PEDRO ANTONIO DA SILVA PIACESI (2),
PAULA CUNHA COUTINHO DE ANDRADE (1), THIAGO GALVÃO (1)
1 EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE, 2 UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO DE JANEIRO - UFRJ

Perguntas e Respostas

O modelo proposto poderá ser aplicado também ao R3?

A qualidade das bases utilizadas interfere nos resultados. Como se pretende resolver o acesso a dados mais detalhados (por exemplo, territórios quilombolas em início de reconhecimento, unidades de conservação municipais)?

A qualidade dos dados de entrada modifica os modelos de diferentes formas.

-Dados com problemas de geometria podem impedir seu funcionamento e demandam processos de padronização antes da entrada no modelo

-Áreas em estudo ou início de reconhecimento ainda não possuem área definida nas bases oficiais, portanto, não entram no modelo.

Unidades de conservação municipais que não estejam no CNUC ou outras áreas que não estejam em fontes oficiais (inclusive áreas de evitação editadas pelo usuário) poderão ser incluídas como camadas extras, mas precisarão ser padronizadas em formato poligonal e armazenadas num local específico para que sejam reconhecidas e lidas pelo modelo. Este processo ainda é experimental mas apresentam resultados promissores.

Poderia ser detalhado um pouco mais o processo de valoração dos pixels nas camadas e seu agrupamento em critérios? Qual seria o valor máximo de um pixel?

O valor do atrito varia de acordo com o nível de atração ou evitação da referida área. os valores podem ir de 1 a 10, quanto maior o valor, menos propícia é a área para

aquele empreendimento. O agrupamento das camadas fica a critério do usuário que tem liberdade de definir até cinco critérios ou agrupamentos. No momento não existe um sistema estatístico para definição dos atritos e pesos de cada critério. Este processo deverá ser desenvolvido no futuro e incorporado ao módulo I, de entrada de dados.

Enquanto os pesos dos critérios podem variar, configurando cenários, os valores de atrito podem variar de estudo a estudo?

Sim, o usuário tem total liberdade de alterar os valores do atrito. O que se recomenda é que a composição de cenários em uma mesma área de estudo seja feita pela variação de Pesos, mantendo-se, sempre que possível, os mesmos atritos. Isto facilita a interpretação dos diferentes cenários.

Outras áreas podem apresentar diferentes relações de dependência ou impacto com os dados espaciais provocados por aspectos legais, culturais ou econômicos. Este impacto deve ser representado pelo Atrito, específico para essa área.

Título - Uso de nano satélites na gestão socioambiental de faixa de Linhas Aéreas

Entidade(s) - Cemig GT, SANTIAGO & CINTRA CONSULTORIA LTDA

Autor(es) - Carlos Alexandre Meireles do Nascimento, Ana Carolina Campos Gomes, Vinicius Ceron Rissoli, Valter de Paula Silva, Lucas Matheus Carneiro de Souza, BRUNO PEDROSA COSTA DE FARIA PEREIRA

Resumo

RESUMO

Com o avanço de sistemas sensores cada vez mais sofisticados para observação da Terra, a tecnologia geoespacial tem se desenvolvido rapidamente desde a década de 60. A Cemig conseguiu aplicar essa inovação de forma complementar aos seus processos tradicionais de gestão e sociopatrimonial, utilizando as imagens de nanossatélites e alertas automáticos de detecção de mudanças. A exposição das linhas aéreas do Sistema Interligado Nacional torna essencial a manutenção, monitoramento e controle dessas estruturas para garantir a produtividade e segurança do sistema de transmissão de energia elétrica nacional. As ocupações irregulares nas faixas de segurança dessas linhas representam um risco significativo e um desafio para a gestão dos ativos. Desde 2021, mais de 20.000 km de linhas aéreas de transmissão e de distribuição da Cemig são imageados diariamente e monitorados a partir dos nanossatélites, o que gerou mais de 7.000 alertas de ocupação por meio de detecção automática de mudanças. Este trabalho tem por objetivo apresentar os resultados desse projeto de vanguarda tecnológica, evidenciando como os dados geoespaciais têm se mostrado eficazes na gestão de ativos do setor elétrico. Entre 2023 e 2024, a assertividade da detecção de ocupações irregulares superou 90%, gerando ganhos operacionais e econômicos para a Cemig, assim resumidos: (1) a redução de OPEX nas inspeções de campo, com menor exposição aos riscos; (2) a visão sistemática das áreas mais críticas de ocupações irregulares; (3) agilidade nos processos de notificação, reduzindo os impactos sociais na população afetada; (4) a análise espaço-temporal das taxas de ocupações irregulares; e (5) o efeito pedagógico na inibição de novas ocupações irregulares alcançado por meio de projeto de comunicação social e do monitoramento constante e contínuo nessas regiões.

CARLOS ALEXANDRE MEIRELES DO NASCIMENTO (1); ANA CAROLINA CAMPOS GOMES (2); VINICIUS CERON RISSOLI (2); VALTER DE PAULA SILVA (1); LUCAS MATHEUS CARNEIRO DE SOUZA (1); BRUNO PEDROSA COSTA DE FARIA PEREIRA (1); DEMÉTRIO VENICIO AGUIAR (1); DANIELA NAVARRO FONSECA DE CARVALHO (1); PEDRO HENRIQUE MEIRELES VIANA(1)
1 COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS - CEMIG, 2 SCCON GEOSPATIAL

Perguntas e Respostas

E possível apresentar o fluxo do processo interno da companhia? Quais unidades organizacionais são envolvidas desde a identificação da invasão até a desocupação das áreas invadidas?

Fluxo: inspeção > conscientização > notificação > judicialização > reintegração de posse > destinação segura da área.

Cemig D e Cemig GT: responsáveis pela operação das linhas e identificação das invasões; Jurídico: conduz notificações, ações judiciais e negociações; Compliance: garante conformidade com leis e políticas internas; Gestão de Riscos Corporativos: avalia e trata os riscos associados; Auditoria Interna: supervisiona e valida os controles; Engenharia e Patrimônio: avalia impactos técnicos e operacionais; Ambiental e Relações Institucionais: atuam em casos com comunidades ou áreas sensíveis; outras áreas envolvidas: "RC/PP" Poder Público; Administração de Imóveis; Comunicação.

Quais medidas socioeducativas são implantadas pela companhia? Estão relacionadas aos programas de educação ambiental normalmente executados como condicionante das licenças ambientais ou são independentes?

Em parceria com a equipe do projeto LED (Eficiência Energética), realizamos eventos voltados à aproximação com as comunidades, nos quais ministramos palestras sobre risco elétrico. Nessas ações, também abordamos questões relacionadas à ocupação irregular e apresentamos a forma de atuação da Cemig. Durante os encontros, solicitamos o apoio da comunidade para colaborar na prevenção do avanço das ocupações em áreas de risco ou sob infraestrutura elétrica.

A área ambiental participa das ações, assim como outras áreas, que também atuam de forma independente conforme suas atribuições.

A CEMIG tem outras aplicações em vista para este tipo de cobertura na sua gestão de ativos?

Foram desenvolvidos indicadores para medir os benefícios em termos monetários da utilização desta tecnologia?

Ainda não foram definidos os indicadores dos benefícios econômicos, diretos e indiretos, com o uso da tecnologia. Cemig concentrou os esforços na validação de campo da tecnologia por meio de 5 anos de contrato em operação. A estimativa para renovação do contrato em 2026, que será possível medir os ganhos expressivos, por meio de indicadores econômicos e de segurança operacional.

Título - Eletro GeoProspec - Aplicação para Identificação Automática de Interferências Socioambientais e Fundiárias nos Estudos de Viabilidade de Empreendimentos de Geração e Transmissão (G&T) no PortalGEO da Eletrobras

Entidade(s) - CENTRAIS ELETRICAS BRASILEIRAS SA

ELETROBRAS, Companhia Hidro Elétrica do São Francisco, Companhia de Geração e Transmissão de Energia Elétrica do Sul do Brasil - Eletrobras CGT Eletrosul

Autor(es) - Fabio Correa de Moraes, Fábio Fernandes da Silva, CARINE ANTUNES CORREIA DA SILVA, Ricardo de Oliveira Rocha, TIAGO SCHNEIDER WAGNER, Marlon de Souza Wiggers, MARIA CAROLINA DA MOTTA AGRA

Resumo

RESUMO

A Gerência de Geoprocessamento de Engenharia da Eletrobras desenvolveu a aplicação Eletro GeoProspec objetivando aprimorar os estudos de viabilidade socioambiental e fundiária de projetos de Geração e Transmissão (G&T). Hospedada no PortalGeo Eletrobras, a ferramenta permite a identificação automatizada de interferências socioambientais, fundiárias e de infraestruturas geoespacializadas, otimizando a visualização e análise de dados importantes para o planejamento e desenvolvimento de novos empreendimentos, bem como para a realização de estudos voltados aos leilões de geração e transmissão de energia elétrica. A aplicação está estruturada com dados geográficos atualizados de fontes públicas e da Eletrobras, em camadas espaciais que incluem: Empreendimento existentes (rodovias, estradas, linhas de transmissão, aeroportos, entre outros); Meio Físico (patrimônio espeleológico, cavidades naturais, hidrografia, recursos minerais, entre outros); Meio Biótico (unidades de conservação e protegidas, áreas prioritárias de conservação, áreas de concentração de aves migratórias); Meio Socioeconômico (terras indígenas, quilombolas, assentamentos entre outros); Fundiário (imóveis próprios, bases do Incra SIGEF e Cadastro Ambiental Rural – CAR, entre outras informações). Ao fornecer relatórios automatizados, análises integradas e visualização de mapas em ambiente WEBGIS, o Eletro GeoProspec facilita a identificação de impedimentos e áreas favoráveis para implantação de linhas de transmissão, subestações, empreendimentos de fontes renováveis e tecnologias emergentes, contribuindo para decisões orientadas a dados com destaque para a utilização de dados geoespaciais como base estratégica no processo de análise e planejamento. Além disso, promove eficiência e agilidade nos estudos dos projetos, nas fases iniciais. A aplicação representa um avanço estratégico para a Eletrobras, ao fortalecer a governança territorial e ambiental, ampliando o acesso à geoinformação no apoio à expansão da infraestrutura energética nacional.

FÁBIO CORRÊA DE MORAES, MARLON DE SOUZA WIGGERS, FÁBIO FERNANDES DA SILVA, CARINE ANTUNES CORREIA DA SILVA, MARIA CAROLINA DA MOTTA AGRA, RICARDO DE OLIVEIRA ROCHA, TIAGO SCHNEIDER WAGNER

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS - ELETROBRAS

Perguntas e Respostas

A ferramenta permite a avaliação quantitativa dos aspectos socioambientais, nomeados no texto como "interferências"?

Sim, com a ferramenta é possível discriminar a quantidade de cruzamento com Linhas de transmissão, rodovias, assentamentos, quilombolas entre outros.

Como incorporar na análise aspectos que não tenham ainda coordenadas geográficas definidas, que não estejam identificados em bases geográficas, como o caso de comunidades quilombolas que ainda não tenham RTID, comunidades tradicionais que não tenham território delimitado (autodeclaração), RPPNs e UC municipais, cavernas, por exemplo?

No caso de comunidades quilombolas sem RTID estão sendo adotados raios a partir dos locais autodeclarados da base do IBGE com raios de 5 km a 10 km, como pontos de atenção em relação ao potencial impacto no licenciamento ambiental. Quanto a RPPN são adotados utiliza-se como base os dados do SNUC e bases estaduais quando existir. As zonas de amortecimento adota-se de 3KM quando não existir a mesma definida no plano de manejo. Nas cavernas são adotados os raios de 250 metros conforme legislação.

A Eletro Geoprospec é uma plataforma com acesso disponibilizado para outros agentes do setor, além de seu uso interno? Como seria feito esse acesso?

A Aplicação e a plataforma são de uso interno dos colaboradores da Eletrobras.

Qual o principal desafio do ponto de vista da qualidade dos dados utilizados na ferramenta?

Título - SMART FAIL: QUANDO OS PROCESSOS DE GESTÃO DE PROJETOS DE TRANSMISSÃO SÃO CONFRONTADOS À INCERTEZAS E EXTERNALIDADES

Entidade(s) - Ambientare Soluções Ambientais Eireli

Autor(es) - Cristiane Rubini Dutra, Monique dos Santos Costa, Bruno Meira

Resumo

RESUMO

Este artigo propõe a discussão sobre a robustez dos sistemas de gestão empregados no projeto de transmissão Alto Paranaíba (Lote 2 do Leilão Aneel 01/2022), que, após iniciar suas obras de implantação foi surpreendido por uma Ação Civil Pública (ACP) movida pelo gestor de uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN). A ação indicava a sobreposição da unidade de conservação a um dos segmentos da linha de transmissão. A RPPN em questão não constava em bases oficiais, de modo que não foi identificada nos estudos de licenciamento ambiental ou mesmo nos Relatórios 'R', em etapa pré-leilão. A reserva também não constava averbada no Cadastro Ambiental Rural (CAR) dos imóveis citados na ação coletiva. Tinha-se, então, a 'RPPN de Schrödinger', que, ao mesmo tempo, existia e não existia – pelo menos em termos práticos. A situação colocava em risco o cronograma de implantação e energização do projeto, uma vez que, confirmada a existência, legitimidade e limites espaciais da RPPN, a coexistência com a linha de transmissão não seria possível. O artigo almeja promover o debate sobre as incertezas trazidas por uma externalidade de alta complexidade na gestão de projetos de transmissão, na tentativa de responder à seguinte questão: os processos de gestão foram robustos o suficiente para mitigar

os riscos ao projeto imposto pela interceptação de uma RPPN?

DUTRA, CRISTIANE RUBINI; COSTA, MONIQUE DOS SANTOS; TAVARES, BRUNO COELHO MEIRA; DAIBERT, DANIEL VILAS BOAS.

AMBIENTARE SOLUÇÕES AMBIENTAIS EIRELI

Perguntas e Respostas

No caso apresentado, foi realizada vistoria de campo antes do leilão? Em que medida as vistorias de campo prévias podem diminuir incertezas como a do case relatado?

Em relação ao caso apresentado, não sei precisar se houve vistoria de campo em etapa pré-leilão. Eu assumi o projeto no pós-leilão. Todavia, entendo ser de grande valia a vistoria em etapa de pré-leilão, sobretudo para validar as restrições ambientais apontadas no Relatório Técnico de Caracterização e Análise Socioambiental (R3) e mapear novas sensibilidades a partir do refinamento do traçado. Acredito que esta seria uma boa oportunidade para mapear restrições como a da RPPN apresentada no case. Mas isso somente seria possível caso o levantamento fundiário fosse aprofundado já nesta etapa. Para isso, o projeto de engenharia teria que ter alguma maturidade – o que normalmente não ocorre.

O descompasso entre o processo de licenciamento ambiental, o levantamento fundiário e o desenvolvimento do projeto de engenharia é, talvez, o maior complicador não somente em etapa pré-leilão, mas durante todo o desenrolar do projeto.

Vistorias de campo em etapa de pré-leilão também servem como um ótimo termômetro institucional, na medida em que se pode levantar as percepções dos variados atores sociais potencialmente afetados e interessados. Isso impacta diretamente na proposição de medidas e programas ambientais na etapa seguinte, podendo prevenir desgastes institucionais e atritos com as prefeituras e comunidades interceptadas.

Durante a elaboração dos estudos que foram submetidos à análise do licenciamento ambiental foram realizadas interações com as comunidades locais? Foi realizado mapeamento de atores? Foram feitas reuniões públicas? O empreendimento foi apresentado e discutido em audiência pública?

A interação com as comunidades afetadas teve início com a execução dos campos diagnósticos que subsidiaram a elaboração do Relatório de Controle Ambiental e Plano de Controle Ambiental (RCA/PCA), submetidos à Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM). Nesta etapa, também foram realizadas campanhas de comunicação prévia, executadas por especialistas do meio socioeconômico, que tinham como objetivo comunicar o início do processo de licenciamento ambiental do empreendimento.

No diagnóstico de socioeconomia apresentado no RCA consta o mapeamento de stakeholders, que foi sucedido pela avaliação de impacto e proposição de ações de mitigação, estas últimas detalhadas no PCA.

A legislação de Minas Gerais não prevê a realização de audiências públicas para empreendimentos passíveis de RCA/PCA. Também não houve reuniões públicas

(ou pedidos para) atreladas à etapa de viabilidade do empreendimento. Todavia, foram conduzidas diversas oficinas, palestras e workshops na etapa de implantação, no âmbito do Programa de Educação Ambiental (PEA), incluindo a execução de Diagnóstico Socioambiental Participativo (DSP) com as principais comunidades afetadas.

Qual a metodologia utilizada para escolha do traçado da linha e quais critérios utilizados?

A metodologia empregada na etapa de pré-leilão foi a análise multicritério de restrições socioambientais e modelagem preditiva de potencial arqueológico. Para a primeira, foi elaborada matriz multicritério a partir das restrições apontadas em bases oficiais sobrepostas à diretriz planejada à época (que considerou circuito simples). Os critérios empregados foram: Áreas naturais protegidas, Vegetação natural, Formações não-naturais e áreas urbanas/urbanizadas, Impacto em infraestrutura existente, Áreas de Preservação Permanentes (APPs), Áreas Prioritárias de Conservação de Biodiversidade (APCBs), Áreas de Influência de cavidades naturais subterrâneas, Mapeamento de avifauna migratória, Comunidades Quilombolas, Territórios Indígenas, Sítios arqueológicos, Bens culturais e patrimoniais tombados, Assentamentos rurais, Títulos minerários, Aeródromos e zonas de proteção aérea, Relevo acidentado e Áreas de solos especiais.

Já a modelagem preditiva de potencial arqueológico foi executada mediante rotina de Processo Hierárquico Analítico (AHP) e aplicação de ferramentas SIG (Sistemas de Informação Geográfica). Tal metodologia buscou a identificação de áreas com maior probabilidade de conter sítios arqueológicos, de forma a orientar ajustes de traçado e prevenir potenciais impactos sobre patrimônio arqueológico; servindo, ainda, à gestão de risco e análise de custos financeiros do projeto.

Na etapa de viabilidade (pós-leilão), usou-se de metodologia combinada para análise de restrições ambientais e refinamento da diretriz. A primeira, apresentada no RCA, envolveu a modelagem matemática de corredor preferencial, com base nos trabalhos de Nóbrega et al. (2009) e Nabuco de Araujo (2016). Para tanto, foi definida uma faixa de 20 km de largura ao redor da diretriz considerada, onde, a partir de uma lógica booleana, foi gerada uma superfície de custo acumulado total, representada por uma camada matricial em que cada célula possui um valor que represente o “custo” socioambiental de interceptá-la.

Em paralelo à modelagem matemática de corredor, manteve-se a análise multicritério empregada na etapa anterior (incluindo os mesmos critérios), feita agora a partir da diretriz refinada (pós-leilão) e atualização das bases de dados espaciais contendo as restrições ambientais. Tal análise se mostrou fundamental durante todas as etapas de desenvolvimento do licenciamento, sendo reprocessada continuamente e periodicamente, de modo a prevenir eventuais impactos sobre novas áreas de restrição socioambiental decorrentes de ajustes nos projetos de engenharia. Metodologia esta que foi, inclusive, estendida à etapa de implantação.

Em que fase e como foi feito o mapeamento de stakeholders?

Título - Análise de Fragmentos Florestais na Mata Atlântica a partir de Estatísticas Zonais

Entidade(s) - Ambientare Soluções Ambientais Eireli

Autor(es) - Alexandre Messias Reis, Marcos Vilela, Mariana Caroline Moreira Morelli

Resumo

RESUMO

O licenciamento ambiental de linhas de transmissão exige a harmonização entre desenvolvimento socioeconômico e sustentabilidade, com ênfase na análise da vegetação para minimizar impactos. Este estudo aborda a aplicação da CONAMA 05/1994 na classificação de estágios sucessionais da Mata Atlântica, utilizando dados altimétricos de alta resolução (1m) do Google Earth Engine (WRI, 2023) e estatísticas zonais para caracterizar fragmentos florestais. Os resultados indicaram estágios avançados (altura >12m) em florestas ombrófilas densas e médios (5-12m) em formações abertas, com heterogeneidade estrutural evidenciada por intervalos de variação. A metodologia demonstrou eficácia no cumprimento normativo, subsidiando medidas mitigadoras e reduzindo custos de campo. Conclui-se que a integração de geotecnologias é estratégica para licenciamentos ambientais precisos e sustentáveis.

ALEXANDRE MESSIAS REIS¹, MARCOS AUGUSTO MACEDO ARAUJO VILELA¹,
GABRIEL OLIVEIRA POSTIGLIONI¹, MARIANA MORELLI¹

¹ AMBIENTARE GEOTECH

Perguntas e Respostas

Comentem sobre a interação feita com o órgão ambiental sobre a aplicação da metodologia durante o licenciamento do projeto e os riscos de utilização da metodologia sem trabalho de campo.

A metodologia foi desenvolvida no contexto de uma linha de transmissão, integrando geotecnologias de alta resolução, o texto indica que houve uso direto dessas ferramentas para subsidiar decisões no processo de licenciamento, respeitando as resoluções conama para classificação dos estágios sucessionais e definições de suas restrições. Embora o documento não explicita detalhes da interação com o órgão ambiental, a adoção de critérios legais e metodologias reconhecidas sugere que o procedimento foi alinhado com as exigências normativas. a validação da metodologia em campo foi compensada parcialmente com o uso de dados de alta precisão e análises estruturais robustas, mas o texto foca em uma substituição parcial dos levantamentos tradicionais de forma mais economicamente viável. Mas o uso dessa metodologia deve ser entendido como complementar à validação em campo.

Comentem sobre a interação feita com o órgão ambiental sobre a aplicação da metodologia durante o licenciamento do projeto e os riscos de utilização da metodologia sem trabalho de campo.

Comentem sobre a interação feita com o órgão ambiental sobre a aplicação da metodologia durante o licenciamento do projeto e os riscos de utilização da metodologia sem trabalho de campo.

Como esta análise poderia ser incorporada na metodologia do IBAMA para definição de traçados de LT (“Guia de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) – Relação causal de Referência de Sistema de Transmissão de Energia”)?

O Guia de AIA do IBAMA preconiza que os estudos de impacto ambiental contemplem a análise da vegetação, conectividade e sensibilidade ecológica dos ambientes atravessados como critérios fundamentais para subsidiar o traçado ideal. A metodologia proposta se alinha diretamente a esses princípios, e poderia ser incorporada como uma etapa prévia de diagnóstico automatizado, já que permite o mapeamento estruturado dos estágios sucessionais (baseado na altura das árvores), na caracterização da heterogeneidade dos fragmentos auxiliando a definir áreas prioritárias e áreas a serem evitadas e a subsidiação de alternativas locais. Além disso a abordagem pode ser um instrumento de triagem estruturada e comparativa entre alternativas locais auxiliando no processo decisório.

Para inclusão de outras variáveis como a conectividade ecológica e ocorrência de espécies ameaçadas, quais adaptações precisariam ser feitas na metodologia?

Para incorporar variáveis mais complexas, seriam necessárias adaptações, como por exemplo a inclusão de análise de rede ecológica com métricas de distância e conectividades como por exemplo o índice de integralidade de paisagem e classificações de áreas prioritárias para conectividade utilizando algoritmos de classificação como por exemplo o Random Forest. Para ocorrência de espécies ameaçadas relacionadas a fauna, é necessário a incorporação de bases de ocorrência georreferenciadas disponíveis tanto em amostragens das próprias empresas como bases da literatura utilizando algum tipo de modelagem de nicho ecológico para entender a ocorrência potencial dentro do corredor, para flora se utilizaria o próprio inventário florestal. Outra abordagem complementar relacionada a espécies ameaçadas seria ajustes na estatística zonal para incluir índices de biodiversidade, como por exemplo dados de importância de habitats interpolados ou com a utilização de Kernels adaptativos, tornando a análise multivariada e ecologicamente integrada.

Título - Avaliação transdisciplinar de integridade ecológica aplicada em uma jornada nature positive no setor elétrico

Entidade(s) - CENTRAIS ELETRICAS BRASILEIRAS SA

ELETROBRAS, Universidade Federal de Minas Gerais, UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa

Autor(es) - Felipe Viana Manzano, Marcos Callisto, Tiago Chagas de Oliveira

Tourinho, Moara Silva Morasche, CARLOS BERNARDO MASCARENHAS

ALVES, Paulo Formagio, Ricardo Solar, Getulio Fonseca Domingues, André Braz

Golgher, Juliana Silva França

Resumo

RESUMO

Recursos hídricos e sua biodiversidade são elementos essenciais para a economia global, sustentando atividades empresariais e fornecendo bens e serviços ecossistêmicos, garantindo segurança hídrica e alimentar. Contudo, pressões antrópicas como mudanças no uso da terra, sobre-exploração de recursos, barramento de rios, introdução de espécies e mudanças climáticas ameaçam sua

disponibilidade, impactando setores produtivos, incluindo a geração de energia hidrelétrica. Esse cenário demanda soluções inovadoras para mitigar impactos ambientais e os efeitos das mudanças climáticas garantindo a resiliência de ecossistemas. Conduzimos um projeto transdisciplinar na bacia da UHE Furnas com o objetivo de avaliar a integridade ecológica através de índices ecológicos, geográficos e socioeconômicos, modelagem de pressões antrópicas e vulnerabilidades ambientais, além de realizar ações de ciência cidadã com a educação básica. Neste trabalho apresentamos um roadmap de desenvolvimento de metodologia para mensurar e quantificar impactos líquidos positivos na biodiversidade, fomentando a divulgação transparente dessas informações com o envolvimento da sociedade. Isso inclui o desenvolvimento de novas eco tecnologias de sustentabilidade alinhadas às diretrizes ESG, ODS e Marco Global da Biodiversidade. Os resultados incluem a criação de ferramentas para avaliação ecológica e geográfica, sistematização de dados ambientais, capacitação técnica e aplicação de índices ecológicos para estabelecer nexos causais entre atividades humanas e impactos ambientais. Esta avaliação transdisciplinar de integridade ecológica é replicável a outros ativos do setor elétrico e fortalece o planejamento e gestão sustentável, subsidiando medidas de restauração ambiental e o compromisso da parceria Eletrobras-UFMG com a sustentabilidade e proteção de biodiversidade.

FELIPE MANZANO 1 , MARCOS CALLISTO 2 , TIAGO TOURINHO 1 , MOARA MORASCHE 1 , CARLOS B. M. ALVES 2 , PAULO FORMAGIO 2 , RICARDO SOLAR 2 , GETÚLIO FONSECA 2 , ANDRÉ GOLGHER 2 , DIEGO MACEDO 2 , JULIANA FRANÇA 2

1 ELETROBRAS / 2 UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Perguntas e Respostas

Quais serão os próximos passos, após finalização da parceria, para continuidade das ações desenvolvidas?

As avaliações ambientais realizadas no âmbito do projeto substituíram ou substituirão algum programa de monitoramento que a UHE Furnas precisa executar como condicionante do licenciamento?

A quinta eco tecnologia é descrita como “Aplicação de índices para estabelecimento denexo causal entre mudanças ambientais e limiares de perdas de biodiversidade (tipping points) e de serviços ecossistêmicos”. Como foi feito essenexo causal?

Os 97 pontos amostrais foram com base em uma metodologia padronizada, utilizando critérios hierárquicos, aleatórios e espacialmente balanceados. Como é essa metodologia e como vocês validaram a representatividade amostral dos 97 pontos frente às variações sazonais e hidrológicas da bacia?
Neste projeto, adotou-se uma abordagem espacial multiescalar para garantir uma avaliação representativa dos impactos ambientais e socioeconômicos associados ao reservatório da UHE Furnas. A escala regional foi representada pela comparação entre os 35 municípios oficialmente reconhecidos como lindeiros ao reservatório e os

demais municípios da bacia hidrográfica, com o objetivo de avaliar a distribuição dos benefícios dos serviços ecossistêmicos. Em escala intermediária, delimitou-se um buffer de 35 km ao redor do espelho d'água para análise do uso e cobertura da terra. A fragilidade ambiental das áreas diretamente influenciadas pela presença do reservatório foi calculada por meio do mapeamento de sub-bacias, além das escalas de riachos e da região litorânea do reservatório. Por fim, em escala local, foram definidos sítios amostrais específicos em ambientes lóticos (riachos) e lênticos (reservatório), nos quais foram aplicados protocolos de avaliação de habitats físicos, coleta de macroinvertebrados bentônicos e peixes, além de análises de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos.

A definição dos 80 pontos amostrais seguiu uma metodologia robusta e cientificamente reconhecida, originalmente proposta pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US-EPA) e adaptada às condições tropicais. O objetivo foi garantir representatividade espacial e ecológica frente às variações sazonais e hidrológicas da bacia. Utilizou-se o método GRTS (Generalized Random-Tessellation Stratified), que permite a seleção de pontos amostrais de forma hierárquica, aleatória e espacialmente balanceada, aplicável a diferentes geometrias (pontos, linhas e polígonos) em ambiente SIG. Essa abordagem foi aplicada em duas frentes principais:

(I) Ambientes lênticos (reservatório): Foram definidos 40 pontos equidistantes ao longo da margem litorânea do reservatório, assegurando cobertura homogênea da área de influência direta. Adicionalmente, 16 pontos foram selecionados com base em julgamento profissional (best professional judgement), representando extremos do gradiente ecológico, desde áreas com alto potencial ecológico (8 pontos) até regiões urbanizadas e balneárias (8 pontos). Essa estratégia garante a inclusão de diferentes condições ambientais e níveis de pressão antrópica.

(II) Ambientes lóticos (riachos): Dentro do buffer de 35 km, foram sorteados 40 pontos principais e 40 pontos reserva em riachos de 1ª a 3ª ordem, com características físicas semelhantes (wadeable streams). A seleção contemplou locais de referência e áreas degradadas, validadas em campo, assegurando diversidade de condições ecológicas.

Os 17 pontos adicionais foram incorporados com base em critérios complementares: 14 pontos da rede histórica de monitoramento de ictiofauna no reservatório e 3 pontos específicos para avaliação preliminar da distribuição de espécies não nativas de crustáceos, com foco em composição, abundância, distribuição, atividade diurna/noturna, proporção de machos/fêmeas/fêmeas ovadas e relação com atividades de piscicultura e ecoturismo.

Essa abordagem integrada e metodologicamente sólida assegura que os 97 pontos amostrais sejam representativos das condições ecológicas da bacia, permitindo inferências confiáveis sobre os impactos ambientais e socioeconômicos associados ao reservatório da UHE Furnas.

Cabe destacar que uma das principais dificuldades de assimilação da metodologia adotada no projeto está na ruptura com o paradigma tradicional de amostragem por estação seca/chuvosa ou coletas intensivas ao longo do ano hidrológico. O protocolo da US-EPA, adaptado e validado para condições tropicais, prioriza o sorteio aleatório de pontos e a realização de uma única amostragem, com possibilidade de expansão da malha amostral em vez da repetição dos mesmos locais. Estudos publicados pelo grupo de pesquisa responsável pelo projeto demonstraram que, mesmo com quatro coletas anuais realizadas em outra bacia, não houve variação significativa, na composição da comunidade de macroinvertebrados entre as

estações seca e chuvosa. Isso reforça a validade da abordagem adotada e a representatividade dos 97 pontos frente às variações sazonais e hidrológicas da bacia.

Que desafios técnicos ou metodológicos surgiram na automatização dos cálculos em R, e como foram superados para garantir reprodutibilidade? Os cálculos estão em um repositório para serem usados?

A automatização dos cálculos ecológicos em ambiente R no projeto IBI UHE Furnas & UFMG enfrentou desafios técnicos relevantes, especialmente relacionados à heterogeneidade dos formatos de dados, inconsistência de nomenclaturas e diferentes culturas de armazenamento e manejo de informações entre as equipes envolvidas. Esses fatores dificultavam a integração e comprometiam a reprodutibilidade das análises. Além disso, a ausência de metadados estruturados e documentação clara sobre variáveis, unidades e fórmulas tornava complexa a automação dos cálculos. A integração de dados multidisciplinares, incluindo variáveis biológicas, físicas, químicas e espaciais, exigiu uma padronização rigorosa para permitir análises conjuntas e confiáveis.

Nesse projeto a caracterização dos habitats físicos foi baseada no protocolo da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US-EPA), adaptado para as condições tropicais. Esse protocolo possibilitou a integração de dados de habitats com informações sobre qualidade da água, macroinvertebrados, peixes e uso do solo, exigindo uma abordagem metodológica robusta, com foco em reprodutibilidade, rastreabilidade e escalabilidade.

Para superar os desafios, foi implementado um fluxo estruturado envolvendo (I) a padronização das planilhas de campo, com participação das equipes de coleta e seleção de 199 métricas relevantes para os cálculos ambientais; (II) a criação de planilhas de metadados contendo descrições detalhadas das variáveis, fórmulas explícitas e padronização de colunas, unidades e categorias, seguindo princípios do Darwin Core, garantindo consistência, na forma de registrar, evitando ambiguidades durante a importação dos dados para o software R; (III) a elaboração de planilhas gabarito, que serviram como base de referência para os índices biológicos, compilando informações taxonômicas e ecológicas da literatura especializada; (IV) o desenvolvimento dos scripts em R com base nos metadados, extensivamente comentados e modularizados, garantindo que os cálculos fossem automatizados, documentados e reprodutíveis; e (V) a validação dos resultados por meio de checagem cruzada entre cálculos manuais e automatizados, além da adoção de versionamento e controle de qualidade rigorosos.

Esse processo garantiu a confiabilidade dos resultados e permitiu que os dados fossem reutilizados e adaptados em análises futuras dentro do grupo. Todos os scripts e planilhas foram organizados em um repositório digital versionado, hospedado em serviço de nuvem ainda um repositório interno). A estrutura do repositório segue boas práticas de gestão de dados científicos, com nomenclatura padronizada dos arquivos (formato "AAAA_mm_dia - NOMEDOARQUIVO"), subpasta "Histórico" para preservação de versões anteriores e controle de acesso baseado em funções, assegurando segurança para dados sensíveis e acesso restrito a usuários autorizados. Embora ainda seja um repositório interno, ele promove transparência, rastreabilidade e reprodutibilidade científica.

O que vocês enxergam como os próximos passos para incorporar a metodologia desenvolvida a processos regulatórios e licenças ambientais no setor elétrico brasileiro?

A metodologia desenvolvida no Projeto IBI UHE Furnas & UFMG representa um avanço significativo na avaliação da integridade ecológica de bacias hidrográficas, com potencial direto de aplicação como ferramenta de gestão ambiental eficiente e suporte técnico aos processos regulatórios e de licenciamento ambiental no setor elétrico brasileiro. Sua abordagem transdisciplinar, aliada à padronização de protocolos, à automação de cálculos em ambiente R e à estruturação de um repositório digital reproduzível, oferece uma base técnica sólida para subsidiar decisões com maior precisão, transparência e eficiência. Um dos principais diferenciais da metodologia é a capacidade de gerar informações comparáveis em diferentes escalas espaciais e temporais, com robusta consistência estatística, o que a torna especialmente relevante frente a uma das fragilidades recorrentes dos processos de licenciamento e monitoramento ambiental: a produção de dados não comparáveis e a ausência de baselines ecológicos que permitam compreender a dinâmica e o estado das bacias ao longo do tempo. A aplicação do protocolo IBI possibilita justamente o estabelecimento desses baselines, promovendo uma visão integrada e histórica da integridade ecológica, o que pode contribuir para tornar os processos de licenciamento mais efetivos, menos fragmentados e mais orientados por evidências científicas, uma tendência promissora para a modernização da regulação ambiental no setor elétrico brasileiro.

Como próximos passos podemos destacar: (I) Expansão da metodologia para outros empreendimentos da companhia, permitindo testar sua escalabilidade e consolidar um modelo técnico replicável para diferentes contextos hidrográficos e operacionais; (II) Integração aos processos de licenciamento ambiental considerando que a metodologia pode ser utilizada com suporte técnico para processos de obtenção de licenças de empreendimentos hidrelétricos. A aplicação dos índices ecológicos e geográficos desenvolvidos no IBI pode fortalecer os estudos de impacto ambiental, oferecer diagnósticos mais precisos e facilitar o cumprimento de condicionantes, promovendo maior segurança jurídica e regulatória; (III) Utilização como ferramenta de gestão para aplicação eficiente de recursos baseado nas informações e na estrutura analítica e espacial da metodologia que permite identificar áreas prioritárias para intervenção, como zonas de fragilidade ecológica, hotspots de biodiversidade e regiões sob maior pressão antrópica, viabilizando a alocação estratégica de recursos financeiros e operacionais, otimizando ações de mitigação, compensação e conservação com base em evidências científicas. A capacidade de gerar diagnósticos integrados e atualizáveis em curto prazo fortalece a gestão adaptativa e orientada por resultados; (IV) Reconhecimento e validação científica da metodologia como referência técnica através de sua ampla divulgação em eventos técnico-científicos e periódicos especializados. Essa validação é essencial para fomentar sua adoção como boa prática regulatória e ampliar sua legitimidade institucional; (V) Alinhamento às agendas ESG e Nature Positive e atendimento de metas e objetivos dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e do Marco Global da Biodiversidade (GBF), permitindo que empresas do setor elétrico demonstrem de forma transparente seus impactos positivos sobre a natureza. Essa aderência estratégica pode facilitar o acesso a financiamentos verdes, fortalecer a reputação institucional e atender às exigências de investidores e stakeholders; e (VI) Digitalização e integração de dados através repositório digital estruturado em ambiente R, com controle de versão, metadados e acesso seguro, à plataformas

corporativas e sistemas de licenciamento ambiental. Essa infraestrutura permite que os dados sejam facilmente atualizados, auditados e compartilhados com órgãos reguladores, promovendo maior transparência, rastreabilidade e eficiência nos processos.

Título - Mapeamento de Sensibilidade de Colisões de Aves em Linhas de Transmissão: Uma Abordagem Ecológica para Avaliação de Impacto.

Entidade(s) - CENTRAIS ELETRICAS BRASILEIRAS SA

ELETOBRAS, Hydrobiology Brasil LTDA, Companhia Hidro Elétrica do São Francisco

Autor(es) - Adriano Rodrigues Lagos, Tiago Chagas de Oliveira Tourinho, Marcelle Sampaio, Newton Pimentel de Ulhôa Barbosa, João Paulo Ribeiro, Renê Gomes Reis Junior, Rodrigo de Oliveira Santos, Javan Pires dos Santos, Thiago Gutemberg Lopes de Oliveira

Resumo

RESUMO

O mapeamento de sensibilidade é uma prática comum em várias situações de interação entre a fauna e a infraestrutura humana. O presente estudo propõe um método baseado em dados abertos. Este método tem como objetivo mapear o risco relativo de colisão de aves em linhas de transmissão em qualquer local do Brasil. A identificação de linhas de transmissão existentes com alto risco de colisão para aves, ou a atenção para possíveis futuras linhas, pode ser realizada em uma escala regional, com base em características naturais do habitat ou características espaciais. No entanto, mapear áreas onde espécies suscetíveis à colisão são particularmente abundantes sempre proporcionará uma avaliação mais precisa do risco, especialmente em uma escala maior. De fato, nem todas as espécies enfrentam o mesmo risco quando se deparam com linhas de transmissão de energia, uma vez que algumas espécies são mais propensas a colisões do que outras. A construção do mapa de risco de colisão de aves em linhas de transmissão no Brasil envolveu várias etapas. Sua elaboração seguiu as diretrizes gerais para o mapeamento de sensibilidade da vida selvagem, que foram estabelecidas principalmente para o desenvolvimento de energia renovável, mas também são relevantes para qualquer infraestrutura em larga escala potencialmente impactante. Foram utilizados (I) dados referentes às espécies migratórias existentes no Brasil, (II) aves ameaçadas e (III) presença de áreas úmidas (wetlands). Ao cruzarmos as informações do modelo unificado com o Sistema Interligado Nacional (SIN) instalado, obtemos um mapa de sensibilidade à colisão com aves para toda a rede, assim como para o sistema planejado. Os resultados poderão auxiliar na tomada de decisão sobre o traçado das linhas, as técnicas e equipamentos para monitoramento e ações de mitigação de impacto. Esse estudo oferece uma base científica para a tomada de decisões estratégicas que equilibram a expansão da infraestrutura do setor elétrico e a preservação da fauna, especialmente em regiões de alto risco.

ADRIANO RODRIGUES LAGOS 1 , NEWTON PIMENTEL DE ULHÔA BARBOSA 2 , RAFAELA ROSSI 3 , FELIPE MANZANO 1 , TIAGO TOURINHO 1 , MARCELLE SAMPAIO 1 , JOÃO PAULO RIBEIRO 1 , FERNANDO VIEIRA MACHADO 1 , JAVAN PIRES DOS SANTOS 1 , THIAGO GUTEMBERG LOPES DE OLIVEIRA 1 , DIOGO SINGULANI RIBEIRO MARQUES 1 , RODRIGO DE OLIVEIRA SANTOS 1 ,

RENÊ GOMES REIS JUNIOR 1

1 ELETROBRAS / 2 HYDROBIOLOGY / 3 BIOCEV

Perguntas e Respostas

A Eletrobrás possui estudos de colisão de aves com as linhas de transmissão? Se sim, como estes estudos são realizados considerando a extensão das linhas?

Os mapas de sensibilidade serão posteriormente validados por dados reais de colisão de aves com as linhas de transmissão?

A ideia inicial era utilizar as informações de colisão de aves em Linhas de Transmissão para trazer ainda mais robustez ao modelo. No entanto, durante o projeto, não identificamos esses dados consolidados em uma base, onde pudéssemos consultar e internalizar no estudo. De toda forma, esse seria um grande input ao modelo, e caso seja possível compilar essas informações, poderíamos atualizar o mapeamento com mais essa camada.

Os mapas de sensibilidade serão posteriormente validados por dados reais de colisão de aves com as linhas de transmissão?

O que os autores enxergam como os próximos passos para incorporar a metodologia desenvolvida a processos regulatórios e licenças ambientais no setor elétrico brasileiro?

Como este mapeamento poderia ser incorporada na metodologia do IBAMA para definição de traçados de LT (“Guia de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) – Relação causal de Referência de Sistema de Transmissão de Energia”)?

Entendo que a metodologia do IBAMA é bem completa no que diz respeito a avaliação de impactos da implantação das Linhas de Transmissão de alta tensão. De toda forma, o ICMBio também tem desenvolvido o PRIM das Linhas de Transmissão que auxilia na avaliação desses impactos. De toda forma, esse mapeamento, pode contribuir, com mais um fator a ser avaliado na matriz de impactos, dando os devidos pesos para o tema proposto.

Que adaptações os autores entendem que precisariam ser feitas para utilizar o mapeamento proposto no planejamento de parques eólicos onshore e offshore?

Em verdade, entendo que como uma ferramenta de modelagem, basta acessar as bases onde se encontram os parques eólicos onshore e offshore existentes e propostos, e verificar quais as variáveis são mais relevantes para serem verificadas para o atividade proposta.

Título - Criação e replicação de Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) como uma prática de sustentabilidade corporativa – um estudo de caso do setor hidrelétrico

Entidade(s) - CENTRAIS ELETRICAS BRASILEIRAS SA ELETROBRAS

Autor(es) - Marina Pombo de Oliveira, Adriano Rodrigues Lagos, Felipe Viana Manzano

Resumo

RESUMO

Este trabalho pretende apresentar as oportunidades de atuação para a sustentabilidade corporativa com a criação e replicação de áreas protegidas de domínio particular, sobretudo na modalidade de Unidade de Conservação conhecida como Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN). O projeto, embora replicável, está direcionado para áreas no entorno de empreendimentos hidrelétricos que são de propriedade da empresa geradora, mas que não estão sendo utilizadas para a prestação de serviços de geração de energia elétrica. Primeiramente, serão exploradas as vantagens, benefícios intangíveis, limitações e fragilidades do reconhecimento de uma área como RPPN. Em seguida, é apresentado um conjunto de indicadores ambientais, sociais e institucionais com o objetivo de avaliar a relevância ambiental e viabilidade institucional de áreas verdes que possam ser transformadas em reservas privadas: número de espécies ameaçadas; presença de nascentes e corpos hídricos; proximidade com UCs; número de espécies; índice de borda; tamanho da área; nível de degradação; estado sucessional da vegetação; ocupação irregular; pressão socioeconômica; atrativos turísticos; número de RPPN criadas no órgão ambiental; estado da regularização documental do imóvel; engajamento da equipe e liderança da companhia; presença de viveiro de produção na unidade; e facilidade de acesso à área prospectada. A força do projeto reside na sua dimensão institucional associada às práticas de sustentabilidade corporativa, entre elas a obtenção de vantagem competitiva por meio da antecipação de novas regulamentações e exigências mais restritivas, mitigação de riscos ambientais, ganhos provindos da proteção fundiária, aprofundamento nas relações com diversos stakeholders, incluindo órgãos licenciadores, governos locais e comunidades locais.

MARINA POMBO DE OLIVEIRA
ELETROBRAS

Perguntas e Respostas

Quais seriam os pesos definidos pelos autores do trabalho para os indicadores?

Os atributos foram definidos com base no grupo de trabalho ou a partir de alguma bibliografia?

Grupo de trabalho e bibliografia.

A metodologia proposta foi aplicada em um estudo de caso real? Como foi feita a composição dos indicadores para tomada de decisão?

Quais dificuldades podem ser encontradas no processo de tentativa de replicação da metodologia proposta e como superá-las?

Princípio embasador da RPPN revela conflitos entre Proteção da biodiversidade x função social da propriedade: prioridade é a conservação, com trade-offs socioeconômicos, devido às restrições de entrada, proibição de qualquer atividade econômica (exceto turismo, pesquisa, educação ambiental), e consequente alienação de população que possa desempenhar um papel importante nos esforços para prevenir, limitar e interromper a degradação ambiental.

Outros potenciais aspectos negativos incluem: ônus para o proprietário se diminuir o valor do imóvel, impossibilidade de ganhos econômicos, insuficiência de mecanismos de incentivos financeiros, ausência de bottom-up drivers.

O principal desafio para empresas do setor elétrico é a dificuldade na regularização fundiária.

Que aspectos positivos ao negócio uma empresa do setor pode vislumbrar ao criar uma RPPN?

As principais vantagens são :

Compromissos com a sustentabilidade, Pontuação da empresa em diversos relatórios de sustentabilidade (ISEB3, DJSI, FTSE4Good, etc), Compromissos empresarial (CEBDS, signatário de Pacto Global) .

Fortalecimento da relação com as diferentes Partes interessadas:

- Colaboradores : confiabilidade, propósitos alinhados
 - Comunidade científica : possibilidade de parcerias
 - Poder Público - fortalece a interação com os órgãos fiscalizadores e administração municipal (ICMS Verde)
 - Comunidades do entorno : mão de obra local para auxiliar no monitoramento e brigada de incêndio, atividades turísticas
- Sociedade em geral – influência sobre percepção e valores preservacionistas, conscientização ambiental.

Contenção de riscos : mecanismo de defesa da propriedade contra ocupação irregular, desapropriação para utilidade pública, construção de estradas, etc. Antecipar exigências de compensação por irregularidades.

Incentivos legais: isenção do Imposto Territorial Rural (ITR) , garante prioridade na análise de repasse de recursos do Fundo Nacional do Meio Ambiente; elegível para pagamento por serviço ambiental .

Título - Valoração do Serviço Ecossistêmico de Provisão de Água para Usinas Hidrelétricas

Entidade(s) - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica CEPEL

Autor(es) - Alexandre Mollica Medeiros,Juliano Lucas Souza de Abreu,Rodrigo Gomes Távora Maia

Resumo

RESUMO

Os serviços ecossistêmicos (SE) podem ser definidos como os benefícios que os seres humanos obtêm dos ecossistemas naturais. Esses serviços são geralmente classificados em quatro categorias principais: provisão, regulação, culturais e de suporte. Em termos de impacto financeiro para empresas que possuem usinas hidrelétricas (UHE), destaca-se o serviço de provisão de água. Este trabalho consiste na elaboração de metodologia para desenvolvimento de uma ferramenta computacional visando destacar a importância que do uso e cobertura da terra apresenta em termos de serviço de provisão de água para uma UHE. Além disso, relata-se a realização de um caso teste para validação da metodologia e avaliação de potencial impacto financeiro da preservação ambiental na UHE sob a ótica do SE de provisão de água. O resultado do caso teste realizado aponta para a indicação de que os SE de provisão de água prestado para empreendimentos de geração hidrelétrica pode representar valores muito significativos, com impactos estratégicos para o negócio das empresas do setor elétrico brasileiro.

ALEXANDRE MOLLICA MEDEIROS, RODRIGO G. T. MAIA, JULIANO L. S. ABREU
CEPEL

Perguntas e Respostas

Considerando que o cenário CB é o uso do solo em 2016, os demais cenários consideram 50% ou 100% da vegetação perdida em relação ao cenário CB ou em um caso hipotético em que toda a vegetação estivesse preservada?

Sim, O cenário base (CB) representa a situação de uso e cobertura do solo na proximidade dos dias atuais, para o qual, a base mais recente encontrada foi referente ao ano de 2016. Esse cenário será usado como parâmetro de comparação com os demais cenários, em que hipóteses sobre variações no uso e cobertura do solo serão testadas.

O cenário C1.1 aborda a hipótese de uma perda de cobertura vegetal grande (50%) para as tipologias de cerrado, enquanto o cenário C1.2 trabalha com a hipótese da perda de toda a cobertura de cerrado (100%) e seja transformada em agricultura. Em outras palavras, a abordagem escolhida enfatizou a questão da possibilidade de degradação da área de contribuição da UHE em termos de desmatamento.

Entretanto, nada impede que a ferramenta seja utilizada com uma abordagem oposta, ou seja, que se faça um teste comparando o panorama atual com cenários que viessem a simular a recomposição total da vegetação original dessa bacia. Em resumo, uma abordagem leva em conta os prejuízos e riscos ao negócio da UHE, enquanto a outra explora as oportunidades associadas aos investimentos em preservação ambiental e recuperação de áreas degradadas. No caso teste a primeira abordagem foi escolhida visando sensibilizar as possíveis consequências do avanço da degradação ambiental da bacia.

Os atributos foram definidos com base no grupo de trabalho ou a partir de alguma bibliografia? Poderia explicar um pouco mais a respeito?

Como este é o primeiro exercício de modelagem, onde serão testadas as metodologias propostas na etapa anterior, optou-se por adotar premissas mais ousadas, que correspondem a variações mais dramáticas em termos de uso e cobertura, a fim de verificar a sensibilidade e os limites dos impactos dos SE sobre os empreendimentos. Essa abordagem é importante, pois permite ver o quanto os

SE são importantes e podem ajudar também a sensibilizar os tomadores de decisão. Cabe observar que uma vez que essa primeira hipótese seja satisfeita, ou seja, impactos significativos sejam notados com a variação dos cenários, pode-se passar para uma segunda fase em que a elaboração de cenários segue critérios mais realistas, principalmente considerando o tempo em que as mudanças e processos de supressão de vegetação estão acontecendo. Entretanto, um dos desdobramentos da pesquisa é a necessidade de aprimoramento de metodologias para a elaboração de cenários, e nesse sentido, uma revisão bibliográfica deve ser feita, visando buscar bibliografias que possam melhorar o embasamento da escolha dos cenários. Lembrando sempre que esse exercício de cenarização visa o atendimento de propósitos específicos, ou seja, a ferramenta computacional é flexível para testar hipóteses diferentes, tanto para fins acadêmicos, quanto para respostas mais executivas.

A região centro-oeste é uma das mais dinâmicas no setor do agronegócio brasileiro. Utilizar dados de 2016, com quase de 10 anos de diferença, não compromete os resultados?

Sem dúvida, essa região é dinâmica e sofre pressão do setor agropecuário no processo de desflorestamento. Essa uma das razões para a escolha da UHE Serra da Mesa como caso Teste, além é claro, da importância que esse empreendimento possui para o setor elétrico brasileiro como um dos principais reservatórios do Brasil contribuindo para a geração de energia dos empreendimentos a jusante. A escolha das fontes de dados de uso do solo para a utilização no modelo se deu pela confiabilidade da fonte consultada: Resultados do Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra do Brasil pelo IBGE com 14 classes e resolução de 50m (IBGE, 2006). Considerando as especificações de resolução e confiabilidade necessárias para o bom funcionamento do modelo, essa foi a fonte mais recente encontrada no momento da realização do caso teste. Entretanto, como desdobramento e possibilidades de melhoria da ferramenta, a equipe técnica entende que as bases utilizadas devem ser sempre as mais atualizadas possíveis. Esforços devem ser feitos na obtenção destas bases, ainda que signifique a utilização de fontes não gratuitas.

Título - A eliminação de hidropicos com a criação de volume de espera em usina fio d'água - Experiência do Complexo Belo Monte

Entidade(s) - Norte Energia S/A

Autor(es) - SANDRO DEIVIS DOS SANTOS

Resumo

RESUMO

A gestão de vazão em uma usina hidrelétrica é essencial para garantir a eficiência operacional e segurança, especialmente em empreendimentos de grande porte, como as hidrelétricas do Complexo Belo Monte operadas pela Norte Energia S.A. Além dessa necessidade, na região onde está instalado o complexo Belo Monte, a população ribeirinha no TVR – Trecho de Vazão Reduzido – do rio vinha notando que o comportamento dele havia se alterado, não só pela menor vazão no período úmido que vai de novembro a maio na região, mas principalmente pelas variações dessa vazão ao longo da semana e até mesmo ao longo do dia e diziam não “conhecer mais o rio”. Diante do fato a gestão da operação do Complexo Belo Monte viabilizou junto a ANA – Agência Nacional de Águas uma flexibilização no NA – Nível

D'água – do reservatório principal do complexo – reservatório Xingu – para que fosse possível alocar um volume de espera, mesmo com a característica “fio d'água” dele. A Norte Energia vem praticando essa alocação e ocupação do volume de espera desde o período úmido de 2023 e essas oscilações, também denominados “hidropicos”. Observamos que esse fenômeno não acontece mais e em julho de 2024 a alteração foi oficialmente estabelecida através da divulgação da nova outorga de uso da água ANA-1522-2024. Assim a Norte Energia cumpre seu papel de ofertar energia ao SIN nos dias úteis, recolhendo no fim de semana e atende aos anseios da população ribeirinha que voltou a “conhecer” o rio novamente.

SANDRO DEIVIS DOS SANTOS, WADY CHARONE JUNIOR, ANGELO LUIZ DE FRANCESHI

NORTE ENERGIA S. A.

Perguntas e Respostas

A adoção do volume de espera foi apresentada e discutida com os órgãos envolvidos no licenciamento ambiental da UHE e com a população, sobretudo a que vive no TVR?

Como foi a articulação interinstitucional durante esse processo? Houve algum processo formal de participação social, como consulta pública ou a criação de fóruns participativos com a comunidade local? E além da ANA, outros órgãos ambientais ou de recursos hídricos participaram da definição e aprovação da nova estratégia de operação?

Não houve uma consulta pública ou criação de fóruns, visto que a medida visava atender a um anseio da população que vive a jusante da UHE Pimental a respeito das oscilações que aconteciam em função do despacho de geração da UHE Belo Monte. A medida operativa adotada resolveu o problema de oscilações e hoje a vazão para o trecho de vazão reduzida tem um comportamento bem mais uniforme.

A nova estratégia de operação pode ser considerada um exemplo de governança adaptativa em recursos hídricos? Existe a previsão de mecanismos de revisão e/ou ajuste ao longo do tempo?

Sem dúvida é um exemplo de que o dia a dia traz aprendizados e temos que ter uma "escuta ativa" sobre como está nossa operação e como podemos buscar melhoria contínua. Para essa situação os três anos de experiência mostrou que a medida foi acertada e não há necessidades de ajustes nessa operação.

Quais as principais lições aprendidas durante o processo de implementação dessa nova estratégia operacional? Os autores consideram que a solução adotada pode ser replicável para outros empreendimentos com características semelhantes? Quais seriam as limitações?

A principal lição é que todas as áreas da empresa tem que compartilhar suas preocupação e resultados e como está a satisfação das partes interessadas em seu processo. Outro ponto é que entendemos que não devemos estar totalmente satisfeitos com nossa forma de fazer, pois sempre podemos encontrar pontos de melhoria. Creio que a solução pode sim, ser aplicadas em outros empreendimentos semelhantes, contudo as oscilações são uma preocupação que todas as usinas devem ter, mesmo aquelas sem trechos de vazão reduzida como é o nosso caso.

Quais as principais lições aprendidas durante o processo de implementação dessa nova estratégia operacional? Os autores consideram que a solução adotada pode ser replicável para outros empreendimentos com características semelhantes? Quais seriam as limitações?

Título - Aplicação de análise espacial multicritério para modelagem preditiva de potencial arqueológico em projetos de Linha de Transmissão de energia no Brasil

Entidade(s) - Ambientare Soluções Ambientais Eireli

Autor(es) - Marina Neiva de Oliveira, Cristiane Rubini Dutra, Alexandre Messias Reis

Resumo

RESUMO

A demanda por otimização de tempo e recursos financeiros nos processos de licenciamento ambiental no Brasil é crescente. Para atender a essas necessidades, os atores e entidades envolvidos nos processos de licenciamento têm combinado conhecimentos técnicos, acadêmicos e tecnologias para criar metodologias e ferramentas inovadoras. Este artigo apresenta proposta de abordagem metodológica para modelos preditivos de potencial arqueológico no contexto de licenciamento ambiental de Linhas de Transmissão, a partir da análise de variáveis ambientais frente às tendências regionais de escolha cultural de assentamentos via Processo Hierárquico Analítico (AHP) e aplicação de ferramentas SIG (Sistemas de Informação Geográfica), visando maior eficácia na identificação e proteção de bens culturais. Considerando a natureza linear dos projetos de linhas de transmissão, que frequentemente atravessam longas distâncias e variados contextos geoambientais, a modelagem preditiva torna-se uma ferramenta essencial que auxilia na identificação de áreas com maior probabilidade de conter sítios arqueológicos, funcionando como uma abordagem preventiva de gestão de riscos e estimativa de recursos. Isso orienta a definição de diretrizes, além de ações de preservação e mitigação de impactos no patrimônio cultural. A metodologia utilizada baseia-se em fatores geoambientais associados aos assentamentos humanos dentro do contexto de análise de cada empreendimento. O resultado final é um mapa de potencial arqueológico que serve como uma ferramenta de apoio à tomada de decisão nas etapas de planejamento e licenciamento ambiental e contribui para a redução de prazos, riscos e custos associados aos estudos preventivos do patrimônio arqueológico. A aplicação da metodologia promove ainda a preservação do patrimônio cultural e a sustentabilidade dos projetos de infraestrutura energética, atendendo às demandas por maior eficiência nos processos de licenciamento ambiental. Esse modelo preditivo se apresenta como uma solução inovadora e eficaz para equilibrar o desenvolvimento de projetos de grande porte com a preservação dos bens culturais e ambientais, garantindo benefícios tanto para o patrimônio histórico quanto para a sociedade.

MARINA NEIVA DE OLIVEIRA, ALEXANDRE MESSIAS REIS, CRISTIANE RUBINI DUTRA

AMBIENTARE SOLUÇÕES AMBIENTAIS EIRELI

Perguntas e Respostas

Aprofunde as vantagens e desvantagens do uso de modelos preditivos de potencial arqueológico na etapa de pré-leilão de Linhas de Transmissão.

Na etapa de pré-leilão, a modelagem preditiva de potencial arqueológico permite a identificação preliminar de áreas mais sensíveis do ponto de vista patrimonial. Entre suas principais vantagens, destacam-se:

- (i) Redução de incertezas e apoio à gestão de riscos: A identificação antecipada de áreas com maior potencial arqueológico fornece previsibilidade quanto às exigências do licenciamento, permitindo estimativas mais realistas de prazos, custos e esforços necessários, e evitando surpresas onerosas no decorrer do processo.
- (ii) Subsídio à definição de traçados mais viáveis: Ao indicar áreas de maior ou menor sensibilidade arqueológica, o modelo orienta a escolha de alternativas que conciliem viabilidade técnica, econômica e socioambiental.
- (iii) Planejamento mais eficiente de recursos: Os resultados do modelo permitem estimar, com maior precisão, a densidade amostral e o esforço de campo, otimizando o planejamento logístico e financeiro do empreendedor desde as etapas iniciais.
- (iv) Fortalecimento da argumentação técnica frente aos órgãos licenciadores, conferindo maior solidez e embasamento técnico-científico ao processo.

Em relação às desvantagens, destacam-se os seguintes:

- (i) Dependência de dados secundários e sua qualidade, estando sua acurácia dos modelos está diretamente ligada à qualidade e à escala das bases de dados disponíveis (e.g., dados do IPHAN, topografia, uso do solo). Regiões com poucos sítios registrados ou baixa densidade de pesquisas tendem a produzir modelos menos confiáveis.
- (ii) Generalizações em contextos com baixa densidade arqueológica. Em áreas com poucos registros disponíveis, o modelo pode depender de parâmetros mais amplos, baseados em tendências regionais generalistas, o que reduz sua precisão preditiva.
- (iii) Risco de reforço de padrões já conhecidos. A modelagem baseada em dados existentes pode tender a repetir padrões de ocupações já conhecidas, limitando a identificação de novos contextos arqueológicos fora desses padrões.
- (iv) Possível viés determinista, pois atribuir pesos fixos a variáveis ambientais pode simplificar em excesso a complexidade dos processos de ocupação humana, exigindo que os resultados sejam sempre analisados criticamente pelos especialistas.

Quanto tempo é necessário para cumprir cada etapa do processo metodológico proposto? Quanto tempo levou o processo inteiro no caso da LT de 200km no Maranhão?

O processo inclui sete etapas principais, descritas na seção 3.0 do texto. O tempo necessário irá variar de acordo com disponibilidade das bases de dados espaciais e do conhecimento arqueológico prévio de cada região analisada, além da expertise da equipe técnica. Abaixo, segue estimativa média de tempo para cada etapa:

1. Seleção e obtenção das bases de dados - Tempo estimado: 2 dias
Envolve a coleta de dados espaciais (SICG/IPHAN, ANA, CECAV, MDE, etc.) e outras fontes complementares.
2. Definição da área amostral e seleção das variáveis ambientais - 1 a 2 dias.
Pode variar conforme a extensão do empreendimento e a complexidade do contexto

ambiental e arqueológico.

3. Análise dos atributos dos sítios arqueológicos da área amostral - 1 a 2 dias.
Consiste no cruzamento entre os sítios registrados e os atributos ambientais, com análise de recorrência.

4. Atribuição de pesos às classes de cada variável - Tempo estimado: 2 a 3 dias
Envolve a elaboração de matrizes de decisão baseadas em padrões observados de preferências culturais regionais de ocupação.

5. Aplicação do método AHP (Análise Hierárquica de Processos) - Tempo estimado: 1 dia
Compara e hierarquiza variáveis por meio de análise multicritério, gerando os pesos finais para o modelo.

6. Conversão dos dados para formato raster em SIG - Tempo estimado: 1 dia
Etapa técnica de geoprocessamento necessária para a análise espacial do modelo.

7. Análise do histograma de frequência e categorização das áreas em alto, médio e baixo potencial - Tempo estimado: 1 dia
Define os intervalos de classificação do mapa final de potencialidade arqueológica.

De forma geral, o processo de modelagem preditiva de potencial arqueológico leva, em média, de 1 a 2 semanas para ser concluído.

Qual o potencial da modelagem preditiva potencial arqueológico considerando as etapas de implementação de um empreendimento de transmissão?

A modelagem preditiva de potencial arqueológico tem aplicação estratégica desde as fases iniciais do empreendimento, especialmente no pré-leilão, no planejamento da pesquisa e na definição de estratégias para o licenciamento ambiental. Nesses momentos, ela auxilia na escolha de traçados, na estimativa de riscos e na orientação dos esforços de campo, otimizando prazos e recursos.

Contudo, mesmo após a realização dos estudos de potencial e impacto (PAPIPA e PAIPA), que são baseados em levantamentos amostrais - e, portanto, não exaustivos - ao longo da área de estudo, a modelagem permanece relevante durante a implantação do empreendimento. Isso porque ainda podem existir sítios arqueológicos porventura não detectados nas etapas de levantamento, especialmente em empreendimentos lineares de grande extensão.

Nesse contexto, ele fornece subsídios fundamentais para:

- 1) Planejar ações de monitoramento mais eficazes, com foco ampliado nas áreas de médio e alto potencial;
- 2) Antecipar riscos operacionais, evitando interrupções desnecessárias na obra em função de achados fortuitos;
- 3) Resposta técnica mais ágil e fundamentada, caso ocorram identificações não previstas durante as atividades de implantação.

Importante destacar que, nesta fase, o modelo já terá sido confrontado com os dados obtidos em campo durante as etapas de levantamento e, quando necessário,

recalibrado. Essa retroalimentação aumenta sua acurácia e confiabilidade, contribuindo para o aprimoramento da metodologia e para a consolidação do modelo preditivo.

Assim, embora seu uso central esteja nas etapas iniciais, a modelagem preditiva mantém sua relevância ao longo da implantação, auxiliando na tomada de decisões com segurança técnica e reforçando o equilíbrio entre desenvolvimento de infraestrutura e preservação do patrimônio cultural.

Título - EFETIVIDADE DO ENGAJAMENTO DE STAKEHOLDERS NO DESCOMISSIONAMENTO DA PCH PANDEIROS: AVALIAÇÃO DE IMPACTOS SOCIAIS E NÍVEIS DE LEGITIMAÇÃO SOCIAL

Entidade(s) - Cemig GT, G4F Soluções Corporativas Ltda., Universidade Federal de Lavras

Autor(es) - Delfim José Leite Rocha, Raquel Coelho Loures Fontes, Yuri Malta Caldeira, Eduardo van den Berg, Marcelo Micherif CARNEIRO

Resumo

RESUMO

O descomissionamento de barragens desativadas, com sua remoção total ou parcial, vem crescendo em países do hemisfério norte, mas ainda é inédito no Brasil e na América do Sul. Nesse contexto, o Plano de Descomissionamento da Pequena Central Hidrelétrica Pandeiros, localizada no Norte de Minas Gerais, bacia do rio São Francisco, assume relevância pelo pioneirismo e riqueza de lições aprendidas. Apesar da remoção de barramentos ser benéfica para restauração ecológica de ambientes fragmentados, ela pode afetar negativamente os modos de vida de comunidades que, ao longo do tempo, atribuem novos significados socioculturais a essas estruturas, transformando-as em símbolos de sua identidade. Este artigo visa a analisar criticamente o processo de engajamento de stakeholders delineado para o citado Plano entre 2018 e 2023, por meio da aplicação de um modelo que combina conceitos e práticas que pautam a Avaliação de Impactos Sociais e de níveis de Licença Social para Operar (LSO) para empreendimentos. São apresentados os resultados e conclusões sobre os níveis de aderência das diferentes estratégias e ações de engajamento às principais variáveis influenciadoras dos níveis de LSO, bem como as lacunas de ação e/ou abordagem que possam ter contribuído para eclosão de conflitos sociais durante o processo. Adicionalmente, são propostos subsídios para orientar a continuidade do relacionamento com stakeholders no processo de descomissionamento visando ao aumento de sua efetividade social. Por fim, o artigo traz contribuições metodológicas passíveis de pautar o desenvolvimento de Termos de Referência para projetos de descomissionamento de barragens no que se refere ao engajamento de stakeholders.

DELFIM ROCHA (1); RAQUEL COELHO LOURES FONTES (2); YURI MALTA CALDEIRA (3); PAULO SANTOS POMPEU (4); EDUARDO VAN DEN BERG (5); MARCELO MICHERIF (6)

FERREIRA ROCHA ASSESSORIA E SERVIÇOS SOCIOAMBIENTAIS (1); CEMIG GERAÇÃO E TRANSMISSÃO S.A (2) (3); UFLA (4) (5); SC EMPREENDIMENTOS (6)

Perguntas e Respostas

Com base na experiência pioneira apresentada, que recomendações os autores sugerem para promover e aprimorar a participação e o diálogo com as partes interessadas em outros casos de descomissionamento de barragens no Brasil?

Planejar e implementar o engajamento contínuo e estruturado dos stakeholders desde o início da concepção do projeto de descomissionamento e com base (i) em um conhecimento atualizado da realidade territorial; (ii) em um mapeamento estratégico atualizado periodicamente dos stakeholders envolvidos (quem são, seus papéis e respectivos níveis de importância e influência no território e no processo de descomissionamento); (iii) em uma avaliação periódica das percepções dos stakeholders sobre a importância por eles atribuída à estrutura a ser descomissionada no território e, conseqüentemente, sobre os impactos derivados desse descomissionamento; (iv) na colocação em prática de modos de participação social para que os stakeholders participem efetivamente da proposição, análise e seleção de alternativas para viabilizar o descomissionamento, verificando seus efeitos e propondo ações mitigadoras e compensatórias possíveis de serem aplicadas frente aos mesmos; (v) no aporte, para o projeto, de parceiros locais e/ou que tenham influência regional; (vi) no reporte contínuo do desenvolvimento do projeto junto aos stakeholders; e (vii) na possibilidade de acompanhamento, pelos stakeholders, da operacionalização das ações de descomissionamento.

Os termos de referência para a realização de estudos de impacto social de usinas hidrelétricas no Brasil não prevêm a identificação e a avaliação de impactos socioambientais para a fase de descomissionamento. A experiência apresentada pode servir como um ponto de partida para a elaboração de um "protocolo" a ser utilizado pelos órgãos ambientais e empreendedores, que dê a devida importância ao envolvimento das comunidades atingidas desde o início do processo?

Sim, este é um dos objetivos do artigo. Nesses termos, recomenda-se que o Termo de Referência especifique a obrigatoriedade de apresentação de um Plano Estratégico de Engajamento de Stakeholders para o processo de descomissionamento, envolvendo, minimamente: (i) realização de diagnóstico social com a realidade atualizada do território em termos de suas vocações e fragilidades, incluindo a inserção do barramento e reservatório a ser objeto de descomissionamento; (ii) mapeamento atualizado de stakeholders; (iii) mapeamento atualizado de percepções dos stakeholders sobre a importância, para o território, da estrutura a ser descomissionada; (iv) fases previstas para planejamento e implementação do descomissionamento; (v) ações de relacionamento e acompanhamento social previstas para cada fase, justificativas metodológicas para as técnicas e ferramentas selecionadas e público-alvo a ser engajado; (vi) estrutura e operacionalização do mecanismo de reclamações a ser implantado, incluindo forma de reporte junto aos stakeholders; (vii) parcerias locais e regionais potenciais e previstas para o projeto de descomissionamento; (viii) indicadores previstos para monitoramento do processo de descomissionamento; e (ix) reportes (estrutura e periodicidade) a serem encaminhados periodicamente ao órgão ambiental.

Que estratégias a empresa pode adotar para promover o engajamento contínuo em empreendimentos que serão descomissionados?

Realizar diagnósticos socioambientais e mapeamentos estratégicos de stakeholders a serem periodicamente atualizados, combinando coleta e análise de informações

secundárias com a apreensão dos diferentes públicos a respeito de suas percepções quanto à realidade territorial, às suas fragilidades, à importância da inserção do empreendimento no território e à efetividade social das ações de relacionamento e das medidas mitigadoras e compensatórias de impactos porventura em prática. Recomenda-se que a coleta dessas percepções seja feita por meio de entrevistas semiestruturadas, aplicação de questionários amostrais e/ou outras técnicas de engajamento. Com base nos resultados assim auferidos, poderão ser avaliados periodicamente os níveis de legitimação social do empreendimento, identificando aqueles pontos que mais contribuem para fragilizar ou potencializar essa legitimação, possibilitando reforço ou redesenho de estratégias de relacionamento para uma melhor convivência no cenário atual e no futuro descomissionamento.

A partir da análise apresentada no artigo, quais as recomendações que poderiam ser dadas para compor os termos de referência em projetos de descomissionamento?

Título - Projeções do Índice de Vulnerabilidade Climática Futura na Bacia do Rio Xingu em relação aos Cenários SSPs-IPCC

Entidade(s) - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica CEPEL, Universidade Federal do Rio de Janeiro

Autor(es) - Anna Carolina Fernandes Bazzanela, Wanderson Luiz Silva, Igor Pinheiro Raupp

Resumo

RESUMO

Entender o comportamento de eventos climáticos extremos na Amazônia é essencial para auxiliar e embasar a tomada de decisões em importantes setores como gerenciamento de recursos hídricos, hidroeletricidade, políticas de conservação ambiental, além de demandas locais como defesa civil, saúde e outras. Nesta pesquisa, a vulnerabilidade climática futura da bacia do rio Xingu é analisada através de indicadores de extremos climáticos. Dados diários de temperaturas mínima e máxima e precipitação provenientes de 12 modelos climáticos do CMIP6 são analisados confrontando-se o clima presente e o clima futuro. As projeções futuras baseadas nos cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5 para o período de 2021 a 2100 na bacia do rio Xingu indicam que ondas de calor devem ser mais duradouras e que dias com temperaturas máximas e mínimas extremas devem ser mais frequentes, especialmente na porção central da bacia. Em relação à precipitação, os volumes de chuva anuais deverão registrar diminuição em grande parte da bacia, enquanto os períodos de seca deverão ser maiores, principalmente no setor sul da bacia. Tais alterações impactam diretamente a vazão dos principais rios da bacia em função de modificações nos padrões de precipitação e evapotranspiração. Logo, mudanças são esperadas na operação da principal usina hidrelétrica da região, a UHE Belo Monte.

ANNA CAROLINA FERNANDES BAZZANELA 1,2 , WANDERSON LUIZ-SILVA 2 ,
IGOR PINHEIRO RAUPP 1

1 CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA – CEPEL, 2
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – UFRJ

Perguntas e Respostas

Como estas projeções poderão ajudar no planejamento do setor elétrico, considerando os aspectos operativos das hidrelétricas na região Amazônica?

As projeções climáticas são fundamentais para o planejamento do setor elétrico na região Amazônica, especialmente para a operação das hidrelétricas. Alterações no regime de precipitação podem afetar a vazão dos rios, o que impacta no potencial de geração das usinas. No caso da UHE Belo Monte, a principal usina da região, as projeções indicam que na bacia, onde a usina se encontra, haverá uma diminuição nos volumes de chuva anuais e um aumento nos períodos de seca, o que pode exigir ajustes na operação da usina para garantir a eficiência e a sustentabilidade da geração de energia. Além disso, essas projeções ajudam a identificar áreas de maior vulnerabilidade climática combinando informações acerca das alterações na intensidade, frequência e duração dos extremos, o que possibilita que sejam adotadas medidas mais sólidas de adaptação para mitigar os impactos das mudanças climáticas. Estas projeções também podem ser consideradas em estudos de planejamento da expansão do setor, principalmente, no planejamento de novas UHEs, identificando o grau de vulnerabilidade (alteração das variáveis climáticas em relação ao presente) dos locais selecionados, e o risco desta influência na geração planejada dos novos empreendimentos.

Como o CEPEL e parceiros, trabalham essas projeções junto aos órgãos regulatórios e de planejamento?

No CEPEL, as projeções climáticas são utilizadas como base para relatórios de impacto ambiental e no desenvolvimento de índices de risco climático ou vulnerabilidade, como o caso do IVC. Este, combinado com indicadores de vulnerabilidade socioambiental, fornece suporte para outros estudos como o de modelagem e expansão do setor energético, planos de adaptação às mudanças climáticas, etc., uma vez que sua metodologia é adaptável e pode ser empregado para qualquer região do Brasil. Essas informações poderão ser compartilhadas com órgãos regulatórios e de planejamento para embasar a tomada de decisões em setores como gerenciamento de recursos hídricos, hidroeletricidade e políticas de conservação ambiental, medidas de adaptação às mudanças climáticas.

Como as mudanças identificadas nos padrões de precipitação e temperatura podem influenciar a biodiversidade local e as populações tradicionais da região?

As mudanças nos padrões de precipitação e temperatura na bacia do rio Xingu poderão impactar significativamente a biodiversidade local e as populações tradicionais. As projeções indicam que ondas de calor serão mais duradouras e que dias com temperaturas extremas serão mais frequentes, especialmente na porção central da bacia do Xingu, o que torna as populações indígenas e ribeirinhas mais vulneráveis a problemas de saúde relacionados a temperatura do ar. Além disso, os volumes de chuva anuais deverão diminuir em grande parte da bacia, enquanto os períodos de seca serão mais longos, principalmente no setor sul. Secas mais prolongadas reduzem o nível dos rios, afetando também ecossistemas aquáticos e a reprodução de espécies de peixes que dependam das cheias. Além disso, chuvas intensas em períodos concentrados podem causar erosão e degradação do solo, impactando a regeneração florestal. Essas alterações podem impactar diretamente na disponibilidade hídrica e na vazão dos rios, prejudicando atividades de

subsistência das populações tradicionais, como a pesca, navegação e agricultura. As mudanças climáticas também poderão levar a redução da capacidade adaptativa de algumas espécies da fauna e flora locais.

Quais estratégias de adaptação poderiam ser recomendadas para a operação da UHE Belo Monte diante das projeções de maior duração das secas e ondas de calor?

Título - Indicadores de Justiça Energética

Entidade(s) - Diversa Consultoria e Planejamento em Sustentabilidade LTDA

Autor(es) - RICARDO CAVALCANTI FURTADO, Elena Florissi, Maria de Fátima Ribeiro de Gusmão Furtado

Resumo

RESUMO

A partir da década de 80, procurou-se conciliar o crescimento com a preservação da natureza, sendo difundido, dessa forma, o termo desenvolvimento sustentável. Posteriormente, o conceito foi aperfeiçoado incorporando a necessidade do equilíbrio entre as dimensões ambiental, econômica e social. A Agenda 2030 das Nações Unidas estabeleceu um grupo de objetivos para o DS, dentre eles um ODS específico para a energia (ODS 07), estabelecendo que deve ser garantido acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável para todos. O trabalho objetiva debater a importância da Justiça Energética (JE) no contexto atual, apresentando um conjunto de indicadores relacionados a esse tema. São descritos os conceitos-chave mais relevantes para a expansão do setor energético: Transição Energética, que direciona o sistema para fontes renováveis, evitando as emissões de gases de efeito estufa (GEEs); Pobreza e Vulnerabilidade Energéticas, que mostram a desigualdade no atendimento aos consumidores e nos riscos associados às mudanças climáticas; Justiça e Equidade Energéticas. São explicitadas as dimensões, temas e aspectos, a serem selecionados para a formação de um futuro Índice de JE. O Informe Técnico está dividido em quatro partes, sendo a primeira uma introdução, onde são detalhadas as principais motivações que levaram à sua elaboração. Na segunda, são debatidos os conceitos-chave apresentados. O terceiro item descreve as dimensões, temas, aspectos e indicadores de Justiça Energética. Por último, são desenvolvidas as considerações finais e apresentadas algumas recomendações para a criação e a aplicação de um sistema de indicadores de Justiça Energética.

RICARDO C. FURTADO; MARIA DE FÁTIMA R. G. FURTADO; ELENA FLORISSI
DIVERSA SUSTENTABILIDADE

Perguntas e Respostas

Já foi feito algum estudo piloto aplicando os indicadores para verificar sua efetividade?

Quais foram os principais desafios técnicos, encontrados pela equipe do estudo, para integração dos dados necessários para o desenvolvimento de um

sistema de indicadores de Justiça energética, considerando a diversidade de fontes e escalas envolvidas?

No artigo, são apresentados indicadores de Justiça Energética. Este trabalho baseou-se em pesquisa conceitual, que objetivou a seleção, o aprofundamento, a análise e a compatibilização de conceitos relativos ao tema. A compatibilização entre conceitos e entre conceitos e variáveis da realidade foi o maior desafio técnico do trabalho.

Esse produto poderá ser seguido pela coleta de dados e processos de parametrização e normalização, o que permitirá o estabelecimento de valores numéricos para os indicadores. Nessa fase, a parametrização se constitui no maior desafio.

Vocês já desenvolveram ou pretendem desenvolver um estudo piloto aplicando os indicadores para verificar sua efetividade?

Ainda não desenvolvemos um estudo-piloto, mas pretendemos desenvolvê-lo caso haja interesse de alguma empresa do setor elétrico brasileiro.

Como a sociedade civil, através de mecanismos de participação social, pode contribuir para o fornecimento de dados e para o monitoramento dos indicadores propostos?

As dimensões da Justiça Energética, particularmente as Procedimental e de Reconhecimento, demonstram que a forma mais efetiva de garantir o fornecimento de dados e o monitoramento dos indicadores são os mecanismos de controle social. Portanto, a criação, fortalecimento e aperfeiçoamento desses canais é essencial para que o fornecimento de dados seja o mais confiável possível e o monitoramento possa ser um processo contínuo e efetivo para uma transição energética mais justa.

Título - Impactos Microclimáticos e Sustentabilidade de Usinas Fotovoltaicas Estudo de caso das UFV Luzia II e III

Entidade(s) - Ambientare Soluções Ambientais Eireli

Autor(es) - SERGIO FERNANDES MENDONCA FILHO, Alexandre Messias Reis

Resumo

RESUMO

Este estudo avalia os impactos ambientais das usinas fotovoltaicas Luzia II e III, com foco em possíveis alterações microclimáticas e na redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE). A pesquisa adota uma abordagem inovadora ao integrar geoprocessamento, imagens de satélite e monitoramento climático local, analisando como os complexos fotovoltaicos afetam o meio ambiente em suas áreas de influência. Foram investigadas variáveis como Albedo, NDVI, Temperatura de Superfície (TST) e Saldo de Radiação (Rn), utilizando imagens dos satélites Sentinel-2 e Landsat-9, processadas na plataforma Google Earth Engine. O conforto térmico da população foi avaliado por meio do Índice de Desconforto de Thom (IDT), com dados coletados por estações meteorológicas instaladas na área dos empreendimentos. Os resultados indicam que o clima regional exerce maior influência sobre o microclima do que a operação das usinas, embora se observem alterações pontuais, como o aumento da TST em áreas imediatas. Por outro lado, destaca-se a contribuição das usinas para a mitigação das mudanças climáticas, ao evitar emissões significativas de CO₂ equivalente. A metodologia desenvolvida se mostra eficaz, replicável e de baixo custo, combinando dados remotos e locais em

um sistema dinâmico para monitoramento ambiental. Essa abordagem fortalece o planejamento estratégico de projetos solares e contribui para o avanço científico na avaliação de impactos ambientais de fontes renováveis.

SÉRGIO FERNANDES MENDONÇA FILHO, ALEXANDRE MESSIAS REIS E
KAUÊ VERGÍLIO

AMBIENTARE SOLUÇÕES EM MEIO AMBIENTE

Perguntas e Respostas

Se adaptados os índices para ambiente aquático, seria possível aplicar o modelo para usinas fotovoltaicas flutuantes? Quais índices seriam substituídos por quais e o que precisaria ser adaptado?

Embora a aplicação do modelo de monitoramento microclimático desenvolvido para as UFVs Luzia 2 e 3 seja, em tese, possível em usinas fotovoltaicas flutuantes (UFVFs), isso exigiria a reformulação completa da metodologia. Isso porque os parâmetros utilizados atualmente — como albedo, NDVI, temperatura de superfície terrestre (TST) e saldo de radiação — foram definidos para ambientes terrestres, onde a interação entre radiação, cobertura do solo e vegetação é determinante.

Em ambiente aquático, os índices requerem substituições específicas:

a) NDVI, baseado em reflectância da vegetação, deve ser substituído por NDWI (Normalized Difference Water Index) ou WAI (Water Area Index), que são adequados para monitorar variações na lâmina d'água.

b) O albedo, que no solo indica refletância superficial, passa a representar apenas a presença da cobertura artificial sobre a água. Sua interpretação perde a função de indicador térmico e se torna essencialmente descritiva da cobertura estrutural.

c) A TST não pode ser mantida com a mesma abordagem, pois a temperatura da água exige medição direta por sensores submersos e não pode ser estimada com precisão por sensores orbitais termais, calibrados para superfícies terrestres.

d) O índice de conforto térmico de Thom também não se aplica, pois foi concebido para ambientes urbanos e terrestres, considerando temperatura e umidade do ar em contexto habitado. Em seu lugar, fariam mais sentido indicadores físicos da estratificação térmica da coluna d'água ou do fluxo de calor ar-água.

Além disso, seria necessária a adoção de sensores submersos, estações de coleta específicas e modelagem hidrotérmica para captar os efeitos reais da presença dos módulos sobre o corpo hídrico — elementos ausentes na atual metodologia.

Estudos recentes têm investigado os efeitos ambientais de usinas fotovoltaicas flutuantes, principalmente sobre a temperatura da água, a estratificação térmica e o sombreamento da lâmina d'água (e.g., El Ghorab et al., 2024; Choi et al., 2022). No entanto, nenhum deles utiliza a mesma abordagem ou indicadores adotados no presente programa. Em geral, baseiam-se em instrumentação direta, modelagem 3D de reservatórios e análise de variáveis hidrotérmicas — metodologias substancialmente distintas daquelas aplicadas em ambientes terrestres.

Por fim, destaco que alguns estudos identificam alterações físicas locais nas propriedades térmicas da água sob e ao redor das UFVFs — o que, em sentido técnico, poderia ser interpretado como efeito microclimático aquático. No entanto, nenhum estudo demonstrou impacto microclimático atmosférico real, como alterações na temperatura do ar, umidade ou conforto térmico em áreas adjacentes. A maioria dos efeitos é limitada ao corpo hídrico sob os módulos e não possui extensão espacial ampla. Dessa forma, a simples adaptação do modelo atual seria tecnicamente inconsistente, e um novo protocolo metodológico, específico para ambientes aquáticos, seria necessário.

Considerando que não há evidências de que as UFVs alteram o microclima, o mesmo seria possível de inferir para ambientes aquáticos em relação às UFVs flutuantes? A menor amplitude dentro das UFVs que na região ao redor também seria percebida no reservatório?

Não é possível inferir diretamente que usinas fotovoltaicas flutuantes (UFVFs) teriam o mesmo padrão de impacto microclimático (ou ausência dele) observado em usinas terrestres. Isso porque os mecanismos físicos que governam a interação entre a infraestrutura fotovoltaica e o meio ambiente são substancialmente distintos em ambientes aquáticos. No solo, os efeitos da instalação de painéis envolvem mudanças na cobertura, na refletância e na dissipação de calor superficial. Já em corpos d'água, fatores como capacidade térmica, estratificação vertical, trocas convectivas e absorção espectral da radiação tornam o comportamento térmico mais complexo e sensível ao sombreamento provocado pelos painéis.

Além disso, a aparente “menor amplitude térmica” observada nas áreas ocupadas pelas UFVs terrestres, quando comparadas ao entorno, não deve ser interpretada como um fenômeno físico real. Trata-se, na verdade, de um artefato gerado pelas limitações do sensoriamento remoto térmico orbital sobre superfícies artificiais. Os painéis solares têm emissividade distinta, refletem parte da radiação infravermelha e estão inclinados, o que dificulta a leitura precisa da temperatura real pelo satélite. Assim, qualquer tentativa de projetar esse comportamento para reservatórios flutuantes seria tecnicamente equivocada.

No entanto, estudos recentes — como os de El Ghorab et al. (2024) e Choi et al. (2022) — demonstram que UFVFs podem, de fato, alterar a temperatura da água sob os painéis, reduzir a estratificação térmica da coluna d'água e modificar localmente o balanço energético da superfície. Esses efeitos são reais, mas permanecem restritos à interface painel-água e não se estendem ao microclima atmosférico ao redor, como temperatura do ar, umidade ou vento.

Mais uma vez, destaco a existência de estudos que identificaram alterações físicas locais nas propriedades térmicas da água sob e ao redor das UFVFs — o que, em sentido técnico, poderia ser interpretado como efeito microclimático aquático. No entanto, nenhum estudo demonstrou impacto microclimático atmosférico real, como alterações na temperatura do ar, umidade ou conforto térmico em áreas adjacentes. A maioria dos efeitos é limitada ao corpo hídrico sob os módulos e não possui extensão espacial ampla. Dessa forma, não é possível estender as conclusões observadas em UFVs terrestres para ambientes aquáticos sem considerar as particularidades hidrotérmicas desses sistemas.

Considerando que não há evidências de que as UFVs alteram o microclima, o mesmo seria possível de inferir para ambientes aquáticos em relação às UFVs flutuantes? A menor amplitude dentro das UFVs que na região ao redor também seria percebida no reservatório?

O estudo realizado faz parte de algum monitoramento no âmbito do licenciamento ambiental? A metodologia foi discutida com órgãos ambientais e com a população local?

Sim. O estudo integra o Programa de Monitoramento de Microclima e Emissões de Gases de Efeito Estufa (PMME), componente dos Programas Ambientais da fase de operação das Usinas Fotovoltaicas Luzia 2 e 3. Esse programa foi aprovado no âmbito do licenciamento ambiental e seus relatórios são submetidos anualmente à Superintendência de Administração do Meio Ambiente da Paraíba (SUDEMA), conforme estabelecido nos instrumentos legais que regulam a operação dos empreendimentos.

Quanto à população local, é importante esclarecer que o conteúdo metodológico do programa — baseado em sensoriamento remoto, análise espectral e indicadores climáticos técnicos — não foi objeto de discussão direta com a comunidade, em razão da sua complexidade técnica. No entanto, o programa contempla o cálculo do Índice de Desconforto Térmico (IDT), obtido a partir de dados registrados por estações meteorológicas instaladas nas imediações das usinas. Esse índice oferece um parâmetro indireto da percepção térmica humana nas áreas do entorno.

Durante o período avaliado, 94% dos registros foram classificados como "confortável" ou "parcialmente confortável", com apenas duas ocorrências pontuais de desconforto térmico, ambas em fevereiro de 2024. Esse mês coincidiu com a atuação do fenômeno El Niño, que intensificou o calor e prolongou o período seco no semiárido paraibano — condição climática que explica, de forma plausível, os registros atípicos.

Esse comportamento é coerente com os achados de diversos estudos científicos, os quais indicam que, quando há alteração térmica associada à presença de painéis solares, os efeitos se limitam ao interior da usina, com dissipação rápida. Por exemplo, Barron-Gafford et al. (2016) identificaram aumento de temperatura de até 3–4°C sobre áreas com painéis, mas com influência espacial restrita a poucos metros além do perímetro da usina. Dessa forma, os dados obtidos no presente programa são compatíveis com a literatura e reforçam que, no contexto avaliado, não há impacto microclimático mensurável nas áreas externas às UFVs.

O período de cerca de 18 meses, entre julho de 2023 a dezembro de 2024, não pode ser considerado curto para afirmar que não há efeitos no microclima? Pretende-se continuar o monitoramento?

Título - CLIMEX: Sistema de análise de extremos climáticos e de projeções futuras para bacias de usinas do SIN

Entidade(s) - Instituto de tecnologia para o desenvolvimento ,Norte Energia S/A,Universidade Federal do Paraná

Autor(es) - João Paulo Jankowski Saboia,Bernardo Lipski,Maria Clara Pontello,Isabella Ecard Barros,Alice Marlene Grimm,Ricardo Carvalho de Almeida,Violet Ishak,Pedro Francisco Duarte,Victor Campos Vieira da Rosa,Lucas Borges Picarelli,Ugo Maranhão Leal,Cristiane Schappo Wessling

Resumo

RESUMO

Este trabalho apresenta o Climex, produto principal do projeto de P&D ANEEL PD-07427-0222/2022 intitulado “Caracterização de eventos extremos de precipitação em bacias do SIN e projeções futuras com base em cenários de mudanças climáticas”, executado pelo Lactec, financiado pela Norte Energia e finalizado em 2025. O sistema foi desenvolvido em Python, possui uma interface web e é atualizado mensalmente a partir de dados obtidos de estações da ANA e INMET, além de outras fontes como CHIRPS e CPC. Dados históricos de vazão natural são obtidos do SAR da ANA. Foram selecionadas para o projeto 115 bacias correspondentes a usinas hidroelétricas que compõem o SIN. A partir das séries históricas de precipitação e vazão natural afluente aos reservatórios, extremos climáticos são caracterizados nas escalas mensal, trimestral, semestral e anual. Os resultados são apresentados em diversos gráficos e tabelas que podem ser baixados pelo usuário. Eventos extremos futuros de precipitação são indicados com base em resultados modelos que compõe o CMIP6, considerando os cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5. A disponibilidade hídrica futura é avaliada em termos de vazões extremas, curvas de permanência e médias de longo período, além da comparação com dados de usos consuntivos futuros disponibilizados pela ANA. O Climex avalia modelos e indica, para cada bacia, qual projeção futura apresenta melhor aderência aos dados observados. Além disso, apresenta a assertividade de cada cenário projetado, mostrando ao usuário a capacidade destes modelos em representar eventos extremos, propondo ao setor elétrico uma forma clara e objetiva de como estas projeções podem ser utilizadas.

JOÃO PAULO JANKOWSKI SABOIA 1 , BERNARDO LIPSKI 1 , MARIA CLARA PONTELLO 1 , ISABELLA ECARD BARROS 2 , ALICE MARLENE GRIMM 3 , RICARDO CARVALHO DE ALMEIDA 3 , VIOLET ISHAK 1 , PEDRO FRANCISCO DUARTE 1 , VICTOR CAMPOS VIEIRA DA ROSA 2 , LUCAS BORGES PICARELLI 2 , UGO MARANHÃO LEAL 1 , CRISTIANE SCHAPPO WESSLING 1

1 LACTEC, 2 NORTE ENERGIA S.A., 3 UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Perguntas e Respostas

Se tratando de uma previsão, qual a taxa de erro para períodos próximos (ex. 2030) e o máximo de tempo (2060)?

A resposta curta e objetiva seria: depende.

O Climex utiliza diversas projeções futuras e seleciona aquela que apresenta a melhor performance quando comparada com dados observados. E esta comparação combina métricas baseadas na média da precipitação no período e na contagem de eventos extremos.

Para algumas bacias, existem modelos que apresentam erros abaixo de 1% na precipitação média do período, mas indicam mais eventos extremos do que a

quantidade que realmente ocorreu. Por outro lado, em alguns casos temos a situação inversa: indicativo melhor de episódios de extremos, mas erro maior na média do período.

Resumindo, esta resposta depende não só da bacia da usina analisada, mas também da métrica.

Com relação a diferentes horizontes (2030, 2060...), não há como afirmar categoricamente qual seria a taxa de erro. Tanto pelos motivos já expostos, como pela impossibilidade de se comparar com dados reais de 2030 ou 2060, tendo em vista que estes dados ainda não existem.

Por que foi realizada a regionalização dinâmica e quais os critérios para definir apenas 3 domínios?

Optou-se pela regionalização dinâmica pelo maior número de variáveis geradas após o processo e por considerar um maior número de características da região de estudo no processo. Além disso, por se tratar de um projeto de P&D, a utilização do modelo WRF com dados do CMIP6 (inédito para este tipo de aplicação na América do Sul) e a base de dados com correção prévia de viés preparada por Xu et al. (2021) adicionaram um ponto de inovação interessante ao projeto.

Já os domínios foram escolhidos basicamente de acordo com a necessidade do tempo de execução necessário para o projeto. Caso não houvesse um domínio específico para a bacia do rio Madeira (e houvesse apenas um domínio, por exemplo), muito do processamento seria aplicado em regiões onde não existiam bacias do SIN, pois os domínios são retangulares. Isto explica os domínios "Madeira" e "Grandes Bacias".

O domínio "Xingu", por sua vez, está relacionado à bacia da UHE Belo Monte. Uma vez que a Norte Energia é a proponente do projeto, foi criado um domínio próprio para a bacia do Xingu com uma resolução maior (pixel de 12,5 x 12,5 km) do que os demais domínios (25 x 25 km)

Quais foram os principais desafios enfrentados durante o desenvolvimento do sistema Climex, desde o artigo apresentado no SNPTEE de 2023 e o atual, com o sistema pronto?

Naquele momento, a construção do sistema ainda estava em seu início, os métodos de caracterização de extremos ainda estavam em desenvolvimento e a regionalização dinâmica ainda não estava finalizada.

Durante o desenvolvimento, entendemos que o sistema ficaria muito mais interessante com um número maior de modelos. A escolha da base Climbra (Ballarin et al. 2024), facilitou este processo mas, ao mesmo tempo, propor uma metodologia de seleção de projeções também se tornou mais desafiadora com um número maior de modelos.

A forma como os dados da ANA são disponibilizados sofreu uma alteração ao longo de 2024 e isto impactou diretamente o sistema pois o Climex atualiza mensalmente as séries temporais de precipitação das bacias. Os códigos para download e assimilação destes dados precisaram ser revistos e atualizados.

Título - Desafios das Mudanças Climáticas no Setor de Transmissão de Energia:
Estudo de caso da Paranaíba Transmissora

Entidade(s) -

Autor(es) - Luíza Lemos Nogueira Martins

Resumo

RESUMO

Como tem ocorrido com toda a sociedade em geral, o setor de transmissão de energia elétrica também tem enfrentado desafios crescentes devido à intensificação de eventos climáticos, agravados pelas mudanças climáticas globais. As Linhas de Transmissão (LTs), essenciais para o transporte de energia, especialmente de fontes renováveis como hidrelétricas, parques eólicos e usinas solares, estão constantemente expostas a fenômenos extremos, como ventos fortes, tempestades torrenciais, inundações e secas/queimadas intensas. A maior frequência e intensidade desses eventos aumentam consideravelmente a vulnerabilidade da infraestrutura de transmissão, o que exige a adoção de medidas preventivas e corretivas mais eficazes. Este estudo analisa os impactos das mudanças climáticas no setor de transmissão no Brasil, com foco na LT Paranaíba (500 kV), que atravessa os estados da Bahia, Goiás e Minas Gerais. Essa linha tem sofrido danos severos por eventos climáticos extremos, como chuvas intensas, descargas atmosféricas, ventos fortes e queimadas, o que evidencia os desafios enfrentados pelo setor e a necessidade urgente de estratégias de mitigação de riscos. A análise desse caso permite identificar fatores ambientais que contribuíram para os danos, como a degradação do solo devido às chuvas intensas, o aumento das descargas atmosféricas, as variações bruscas de vento e os longos períodos de seca. O estudo propõe medidas de adaptação, como o reforço de estruturas, melhorias em aterramentos e monitoramento climático contínuo, visando aumentar a resiliência do sistema elétrico diante das mudanças climáticas. A implementação dessas medidas é fundamental para fortalecer a infraestrutura de transmissão, garantindo a continuidade do fornecimento de energia, bem como a preservação ambiental, a fim de enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas.

L.L.N. MARTINS, J.B.G.F. SILVA, R. ANDRADE
PARANAÍBA

Perguntas e Respostas

Como as áreas de meio ambiente e engenharia interagem nas propostas de solução para os casos apresentados?

As áreas de Meio Ambiente e Engenharia atuam de forma integrada desde a fase de diagnóstico até a definição das soluções. Enquanto a Engenharia avalia a viabilidade técnica das intervenções, o Meio Ambiente assegura a conformidade legal e a mitigação dos impactos socioambientais. Para garantir alinhamento e eficiência, a PTE realiza reuniões semanais para tratar das demandas de cada área e encontros trimestrais com a equipe de O&M, voltados à discussão das soluções propostas e ao acompanhamento do avanço de cada situação.

Qual o nível de investimento que a empresa está prevendo para aplicação em medidas preventivas futuras?

A empresa está desenvolvendo um plano de investimentos voltado à prevenção, com a destinação de recursos específicos para monitoramento climático, reforço estrutural e manejo da vegetação. O planejamento orçamentário para o próximo ano será revisado em novembro, com as estimativas de custo atualizadas.

Considerando o histórico de eventos climáticos extremos que afetaram a LT Paranaíba, que tipos de monitoramento em tempo real têm se mostrado mais eficazes na prevenção de danos futuros?

Os sistemas de monitoramento meteorológico em tempo real têm se mostrado as soluções mais eficazes.

Título - Soluções Baseadas na Natureza como indutoras da redução da vulnerabilidade ecossistêmica: o caso da Bacia do Rio Xingu

Entidade(s) - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica CEPEL

Autor(es) - Giovana Teodora de Jesus Faleiro, Igor Pinheiro Raupp, DENISE FERREIRA DE MATOS

Resumo

RESUMO

O presente trabalho analisa a vulnerabilidade de ecossistemas da Bacia Hidrográfica do Rio Xingu, região de grande importância ambiental e econômica, que abriga a Usina Hidrelétrica de Belo Monte. A bacia tem enfrentado a crescente degradação ambiental devido à expansão de diversas atividades econômicas. Para avaliar essa vulnerabilidade, foi desenvolvido o Índice de Vulnerabilidade de Ecossistemas (IVE), composto pelos subíndices de Pressões, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa, utilizando técnicas de geoprocessamento. Os resultados indicam que áreas protegidas, como Terras Indígenas e Unidades de Conservação, apresentam menor vulnerabilidade, enquanto áreas sem proteção legal, sobretudo no entorno da Usina Hidrelétrica de Belo Monte e ao sul da bacia, são mais vulneráveis. O principal indutor da vulnerabilidade é o desmatamento decorrente da atividade agropecuária, que compromete a qualidade ambiental e a segurança hídrica da bacia, impactando a operação da hidrelétrica. Como estratégia de mitigação, propõe-se a adoção de Soluções Baseadas na Natureza, que estimulam os serviços ecossistêmicos de provisão e podem ser viabilizadas por meio de programas de Pagamento por Serviços Ambientais, incentivando proprietários de terra a preservar parte dos recursos naturais. A incorporação das Soluções baseadas na Natureza ao planejamento do setor elétrico representa uma oportunidade de aliar segurança operacional e conservação ambiental, promovendo maior resiliência para a Bacia do Xingu.

GIOVANA TEODORA DE JESUS FALEIRO, IGOR PINHEIRO RAUPP, LUCIANA ROCHA LEAL DA PAZ, DENISE FERREIRA DE MATOS
CEPEL

Perguntas e Respostas

Existem alternativas ao PSA para implantação das SbN propostas, reflorestamento e o manejo sustentável da terra? Como poderia ser feito?

Alguns instrumentos podem funcionar como alternativas ao PSA para a implantação das SBNs. Considerando a predominância da atividade agropecuária na área de estudo, a empresa pode promover a adoção de práticas sustentáveis ao facilitar o

acesso dos produtores ao crédito rural orientado, como o Plano ABC+, e oferecer capacitação técnica para a implantação de tecnologias como a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) que, segundo a Embrapa, otimiza o uso da terra, eleva a produtividade da área e gera mais renda e emprego, além de mitigar a emissão de gases de efeito estufa. Nesse sentido, as empresas também podem estimular projetos de reflorestamento com geração de créditos de carbono e facilitar a adesão a certificações socioambientais que agreguem valor à produção local. A integração dessas ações poderá contribuir para a segurança hídrica das usinas e promover o desenvolvimento sustentável da bacia, mantendo atividades já atuantes na área.

Como os resultados encontrados pelo estudo poderiam ser incorporados ao planejamento do SEB, promovendo políticas públicas que conciliem segurança energética e proteção ambiental em áreas de vulnerabilidade ecossistêmica?

Os resultados do estudo podem ser incorporados ao planejamento do SEB por meio da inclusão do IVE nas etapas iniciais dos estudos de inventário hidrelétrico, como parte do diagnóstico ambiental. Essa informação permite identificar áreas mais frágeis e direcionar os programas ambientais, como conservação em áreas menos vulneráveis e recuperação de áreas críticas. Além disso, o mapeamento da vulnerabilidade pode subsidiar políticas públicas para criação ou ampliação de áreas protegidas, promovendo a conservação dos serviços ecossistêmicos essenciais à segurança hídrica e energética. Assim, o uso do IVE contribui para alinhar o planejamento energético à proteção ambiental na escala da bacia.

Existe algum indício quanto à receptividade dos proprietários de terras da região em relação à adoção de programas de Pagamento por Serviços Ambientais para viabilizar as Soluções Baseadas na Natureza? Como a pesquisa poderia incorporar essas informações?

Embora o estudo não avalie esse aspecto, a literatura aponta que a adesão a programas de PSA depende de incentivos econômicos claros, segurança jurídica, confiança institucional e apoio técnico (Engel; Pagiola; Wunder, 2008). Experiências brasileiras, como o Programa Reflorestar, no Espírito Santo (Souza, 2019) e o PSA pelo projeto Poço de Carbono Juruena, no Mato Grosso (ICV, 2020), demonstram que os programas conseguem ampla aceitação quando valorizam o protagonismo local e garantem benefícios. Para ampliar a efetividade das SbN propostas, a pesquisa poderia incorporar levantamentos com os proprietários rurais da bacia no momento de articulação com esses atores, a fim de compreender sua disposição à adesão e ajustar os instrumentos conforme as perspectivas obtidas.

Título - Pegada de Carbono da Transmissão de Energia Elétrica: Diretrizes e um Estudo de Caso para o Brasil

Entidade(s) - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica CEPEL

Autor(es) - Juliano Lucas Souza de Abreu, DENISE FERREIRA DE MATOS, Alexandre Mollica Medeiros, Igor Pinheiro Raupp, Ana Paula Cardoso Guimarães

Resumo

RESUMO

Este trabalho aborda os principais conceitos envolvidos no cálculo da pegada de carbono da transmissão de energia elétrica visando sugerir diretrizes específicas para estudos deste tipo no país. Foi realizado um levantamento bibliográfico sobre o

tema e um estudo de caso dedicado a uma linha de transmissão localizada no estado do Mato Grosso. O estudo corresponde a um trecho de cabos aéreos de 230 kV e 112 km de extensão. As estimativas da pegada de carbono se basearam, preferencialmente, em dados primários disponibilizados pela empresa responsável, em bancos de dados de inventários de ciclo de vida, quando os primeiros não estavam disponíveis, e em informações secundárias da literatura. Ao total foi contabilizada uma pegada de carbono de 10,89 gCO₂eq/kWh, sendo 67,4% atribuídos à etapa de operação, 32,5% à construção e 0,01% ao descomissionamento. Na operação, as perdas na transmissão contribuíram com 68% das emissões, seguida das emissões pela ionização do nitrogênio atmosférico com 20%. A pegada associada aos vazamentos de SF₆, muitas vezes responsáveis por grande parte das emissões da operação de linhas de transmissão, corresponderam a apenas 3% da pegada da operação neste estudo. Na etapa de construção, a mudança de uso da terra respondeu por 87% das emissões, seguida pelos materiais de construção com 11%. Especificamente no caso brasileiro, o estudo verificou a relevância da elaboração de um cenário de operação do sistema interligado nacional e da quantificação das emissões relacionadas à supressão vegetal para estimar a pegada de carbono das etapas de operação e construção, respectivamente.

JULIANO LUCAS SOUZA DE ABREU, JOÃO GABRIEL GONÇALVES DE LASSIO,
DENISE FERREIRA DE MATOS, ALEXANDRE MOLLIÇA MEDEIROS, IGOR
PINHEIRO RAUPP E ANA PAULA CARDOSO GUIMARÃES
CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA (CEPEL)

Perguntas e Respostas

Como este tipo de análise poderia ser incorporado para estudar alternativas locacionais de linhas de transmissão?

O bioma ou a fitofisionomia afetadas pelos empreendimentos é ponderada de alguma forma na mudança do uso da terra para os cálculos de pegada de carbono?

Sim, o trabalho levou em conta tanto o bioma como a fitofisionomia afetada para estimar a biomassa total perdida e emitida na forma de CO₂ pelo processo de biodegradação

Para isso foi realizado o cruzamento entre as tipologias encontradas (mapbiomas) na faixa de servidão no período da construção, com a fitofisionomia mais próxima listada no Anexo II V3 da Terceira Comunicação Nacional. Por exemplo, no estudo de caso, por se tratar de uma região de Cerrado, no Mato Grosso, a tipologia de formação florestal foi atrelada a fitofisionomia de Floresta Estacional Semidecidual das Terras Baixas (MT), enquanto a formação savânica foi atrelada a fitofisionomia Savana Florestada (MT/MS/RO).

Desta maneira, a biomassa total considerada foi ponderada por ambos os aspectos.

Considerando que as perdas na transmissão representaram a maior parcela das emissões na fase de operação, que estratégias podem ser adotadas para mitigar esses impactos dentro do Sistema Interligado Nacional?

As emissões referentes às perdas na transmissão são influenciadas por diversos fatores. Por um lado, o valor total de perdas tem relação com as características dos equipamentos, com as condições ambientais e, com os fluxos de potência que atravessam o sistema. Por outro lado, o fator de emissão do SIN varia conforme a participação de cada tipo de fonte na geração total do sistema (matriz elétrica). Pelo lado das perdas pelos equipamentos, as empresas atuam com objetivo de melhor desempenho operacional e alcance de benchmarks.

No caso de perdas pelos fluxos de potência, a questão é mais complexa por envolver a redução da necessidade de transmissão no sistema. No contexto da transição energética, a necessidade de transmissão e armazenamento se mostra cada vez mais importante à medida que a geração de renováveis variáveis ocorre em descompasso temporal e espacial da demanda. Uma possibilidade de mitigação neste sentido envolveria soluções de gerenciamento pelo lado da demanda e estudos para redução de gargalos entre subsistemas.

Por fim, em relação aos fatores de emissão do SIN, a própria transição da matriz energética é a forma de mitigação da pegada das perdas. E essa transição passa pelo aumento da participação de renováveis em conjunto com tecnologias limpas flexíveis que atendam à ponta, de tecnologias de armazenamento, e de novos trechos de transmissão, gerando uma espécie de retroalimentação positiva.

Qual é a opinião dos autores sobre a consideração da ACV no processo de licenciamento ambiental de usinas hidrelétricas?

Nós entendemos que a ACV pode apresentar algumas vantagens no processo de licenciamento de hidrelétricas, entretanto esta incorporação deve ser feita com cautela.

Pelo aspecto positivo, a mentalidade de ACV pode introduzir avaliações de etapas que até então tinham pouca importância no licenciamento, como o descomissionamento de plantas. Isso forneceria mais subsídios para a avaliação de impactos ambientais dos empreendimentos hidrelétricos.

Além disso, uma vez realizado o inventário de materiais e de atividades, a metodologia de ACV facilitaria a proposição de mudanças no projeto, oferecendo uma visão mais holística da parte socioambiental, considerando toda a cadeia produtiva.

Sob uma ótica mais minuciosa, a ACV, a priori, não possui características de avaliação site specific, o que é o caso de empreendimentos hidrelétricos. Por isso, na opinião dos autores, a incorporação da ACV deve ser feita com cautela procurando evitar conclusões genéricas que não corresponda a realidade de cada empreendimento. Um caminho possível seria através de maior exigência na obtenção de dados primários, que possam ser validados, e que representem a produção e a logística local de maneira mais realista.

Título - Avaliação do Ciclo de Vida na Produção de Hidrogênio Verde: Pegada de Carbono e Sustentabilidade Energética em Planta Piloto Fotovoltaica na UHE Itumbiara

Entidade(s) - CENTRAIS ELETRICAS BRASILEIRAS SA ELETROBRAS, FURNAS - CENTRAIS ELETRICAS S.A., BeGreen Energy LTDA

Autor(es) - Tiago Chagas de Oliveira Tourinho, Leandro de Brito Silva, Alexandre de Castro Pereira, Marcelle Sampaio, Diogo Machado de Souza, Vitor Feitosa Riedel, Fernando Silva Curi

Resumo

RESUMO

A transição energética global demanda soluções sustentáveis para a produção de hidrogênio (H₂), visando à redução das emissões de gases de efeito estufa. No Brasil, a produção de H₂ é predominantemente realizada por reforma a vapor de metano (SMR), o qual é um processo intensivo em emissões de CO₂. O presente estudo avalia o desempenho ambiental, na forma de pegada de carbono, da produção de H₂ renovável na planta piloto da Usina Hidrelétrica (UHE) de Itumbiara, utilizando a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida conforme as normas ISO 14040/14044. A análise abrangeu desde a definição do escopo até a interpretação dos resultados, utilizando o software SimaPro com o método IPCC 2021 GWP100 e o banco de dados Ecoinvent 3.10. A planta piloto, com capacidade estimada de 43,7 t/ano de H₂, consumiu, anualmente, 2,63 GWh de eletricidade renovável (47% solar e 53% hidrelétrica). A pegada de carbono calculada foi de 4,75 kgCO₂eq/kg H₂. Contudo, considerando as diretrizes da Renewable Energy Directive (RED) II, da União Europeia, que atribuem emissões nulas à eletricidade proveniente de fontes renováveis, o valor pode ser reduzido para 0,10 kgCO₂eq/kg H₂, representando uma redução de até 99% em relação ao H₂ produzido por SMR. Os resultados demonstram que a produção de H₂ renovável na UHE Itumbiara é ambientalmente superior, alinhando-se a políticas de baixo carbono e destacando o potencial do Brasil no cenário internacional de energias limpas.

TIAGO CHAGAS DE OLIVEIRA TOURINHO 1 , LEANDRO DE BRITO SILVA 1 , MARCELLE SAMPAIO 1 , DIOGO MACHADO DE SOUZA 2 , ALEXANDRE DE CASTRO PEREIRA 1 , FERNANDO SILVA CURI 1 , VITOR FEITOSA RIEDEL 2
1 ELETROBRAS / 2 BGENERGY

Perguntas e Respostas

A conclusão do estudo menciona que "a aplicação prática da ACV nesta planta piloto representa um passo importante para a integração do H₂ renovável na matriz energética, com o potencial de estabelecer diretrizes para o desenvolvimento de políticas e regulamentações que promovam a sustentabilidade em larga escala". Poderia falar um pouco mais sobre essas diretrizes?

As diretrizes que emergem da aplicação da ACV na planta piloto se referem a: i) padronização metodológica da contabilidade de GEE para H₂ com base nas ISO 14040/14044 e na ISO/TS 19870, incluindo definição escopo, unidade funcional, método de AICV e bases de dados; ii) regras de rastreabilidade e atribuição da eletricidade renovável que alimenta a eletrólise (evidências contratuais, por exemplo, uso de certificados de energia renovável, quando aplicável e auditorias periódicas), tendo em vista que a eletricidade foi identificada como o principal componente da pegada; iii) critérios mínimos de transparência e qualidade de dados (priorização de dados primários, documentação de premissas e incertezas, e verificação por terceira parte com periodicidade definida); e (iv) parâmetros de elegibilidade e rotulagem para hidrogênio de baixa emissão. Essas diretrizes tornariam o processo regulatório mensurável, auditável e comparável.

Qual é a opinião dos autores sobre a consideração da ACV no processo de licenciamento ambiental de usinas hidrelétricas?

A inclusão da ACV no processo de licenciamento ambiental de usinas hidrelétricas representaria um avanço para a gestão ambiental integrada, pois ampliaria a análise tradicional do EIA/RIMA, incorporando impactos globais e indiretos ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento. Fundamentada em normas, a ACV permite quantificar emissões de gases de efeito estufa, uso de recursos e outros indicadores desde a fase de construção (materiais, transporte, insumos) até a operação e descomissionamento, fornecendo subsídios técnicos para decisões mais robustas. Essa ferramenta pode orientar diretrizes regulatórias, alinhando o licenciamento brasileiro às melhores práticas internacionais e às metas nacionais de descarbonização. Dessa forma, por mais que a ACV não substitua o EIA, atuaria como ferramenta complementar para garantir maior transparência, comparabilidade e efetividade na mitigação de impactos ambientais em larga escala.

De que maneira a metodologia de ACV utilizada no estudo pode ser aplicada em larga escala para orientar políticas públicas e investimentos em infraestrutura de hidrogênio de baixo carbono no Brasil?

A aplicação em larga escala da metodologia de ACV adotada neste estudo possibilita a criação de um arcabouço regulatório robusto para o setor de hidrogênio no Brasil, ao estabelecer critérios padronizados de mensuração de emissões seguindo as ISO 14040/14044 e ISO/TS 19870, limites de pegada de carbono compatíveis com a Lei nº 14.948/2024 e mecanismos de rastreabilidade da origem da eletricidade e dos materiais. Esses elementos fornecem uma base técnica para políticas públicas que priorizem projetos com menor impacto ambiental em instrumentos de fomento, leilões e linhas de financiamento, além de orientar investimentos privados em infraestrutura de hidrogênio de baixo carbono. Ao permitir comparabilidade entre rotas tecnológicas e integração com metas climáticas e ODS, a ACV se apresenta como ferramenta estratégica para acelerar a transição energética com transparência e competitividade internacional.

Título - Demanda de Minerais Críticos e Estratégicos para a Transição Energética no Brasil

Entidade(s) - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA

Autor(es) - Marina Martins Klostermann, Natalia Gonçalves de Moraes, Gustavo Naciff de Andrade, BRUNO SCARPA ALVES DA SILVEIRA, Gabriel da Silva Azevedo Jorge, Angela Oliveira da Costa, Bruno Scola Lopes da Cunha, Marcelo Castello Branco Cavalcanti, Patrícia Feitosa Bonfim Stelling, RACHEL MARTINS HENRIQUES, Giovanna Carneiro Ronze Pedreira

Resumo

RESUMO

A transição energética impulsiona o avanço de tecnologias renováveis na geração elétrica, como a solar fotovoltaica e a eólica, além da expansão da transmissão de energia e da mobilidade elétrica no Brasil. Essas soluções exigem, proporcionalmente, maior uso de minerais em comparação aos sistemas convencionais baseados em combustíveis fósseis, ampliando a necessidade por insumos estratégicos como cobre, silício, zinco, grafita, fósforo, níquel, lítio, cobalto, terras raras, entre outros. Este informe técnico tem como objetivo estimar quantitativamente os volumes de minerais associados às projeções energéticas

brasileiras até 2034, abrangendo os setores de geração elétrica, infraestrutura de transmissão e eletrificação da frota de veículos leves, com base nos dados do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE 2034), elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) [1]. Os resultados indicam que, embora a capacidade instalada da matriz elétrica brasileira cresça cerca de 35% entre 2024 e 2034, segundo o PDE 2034 [1], a estimativa de uso de minerais para geração de energia apresenta um aumento mais expressivo, de 54% no mesmo período. Ademais, são apresentados os tipos de minerais e o volume estimado na composição mineral da matriz elétrica, infraestrutura de transmissão e veículos elétricos neste período. Assim, este informe argumenta que a transição energética brasileira implicará um aumento expressivo no uso de minerais, especialmente devido à maior participação de tecnologias como solar fotovoltaica, eólica e baterias para veículos eletrificados, evidenciando a importância da integração dos planejamentos energético e mineral. O Brasil encontra-se em posição estratégica para se antecipar a desafios de suprimento e desenvolver políticas que estimulem o aproveitamento sustentável de seus recursos minerais.

MARINA MARTINS KLOSTERMANN, ANGELA OLIVEIRA DA COSTA, BRUNO SCARPA ALVES DA SILVEIRA, BRUNO SCOLA LOPES DA CUNHA, GABRIEL DA SILVA AZEVEDO JORGE, GIOVANNA CARNEIRO RONZE PEDREIRA, GUSTAVO NACIFF DE ANDRADE, LUCAS MORAIS, MARCELO CASTELLO BRANCO CAVALCANTI, NATALIA GONÇALVES DE MORAES, PATRÍCIA FEITOSA BONFIM STELLING, RACHEL MARTINS HENRIQUES.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA

Perguntas e Respostas

Na conclusão do estudo é mencionado "Os resultados evidenciam a importância de integrar o planejamento energético ao planejamento mineral, considerando os materiais necessários para viabilizar a expansão de tecnologias de baixa emissão". Poderiam explicar como isso ocorre atualmente e quais as perspectivas futuras para essa integração?

Atualmente, a integração entre o planejamento energético e o mineral ocorre por meio de diferentes iniciativas institucionais. A EPE, por exemplo, passou a quantificar a demanda de minerais associada à expansão do setor energético, com a primeira aplicação no Plano Decenal de Energia 2034, PDE 2034, e dará continuidade no PDE 2035 e no Plano Nacional de Energia 2055, PNE 2055, que amplia o horizonte para 30 anos.

Através desta quantificação é possível ter mais clareza sobre os possíveis gargalos de oferta de minerais no Brasil, trazendo mais elementos para o direcionamento de investimentos estratégicos e políticas públicas pelos órgãos competentes.

De forma complementar, a SGB/CPRM vem avançando no mapeamento geológico e na definição de prioridades para minerais estratégicos, tendo incorporado no PNM 2050 um caderno específico sobre cadeias produtivas relacionadas à transição energética.

No âmbito governamental, também está em formulação uma Política Nacional de Minerais Críticos e Estratégicos, que busca alinhar a agenda mineral às demandas do processo de descarbonização.

Considerando o aumento expressivo da demanda projetada até 2034, quais políticas públicas recomendariam para garantir o aproveitamento sustentável dos minerais estratégicos identificados?

O estudo considerou a demanda por minerais críticos na geração solar e eólica sem considerar o uso de BESS, por exemplo, para armazenamento da energia. Os autores teriam uma estimativa de quanto o percentual da demanda de minerais críticos associados a estas fontes poderia aumentar caso incluísse o uso de BESS?

O estudo não considerou a demanda por minerais críticos associada a sistemas de armazenamento em baterias (BESS), uma vez que, para o horizonte do PDE 2034, as projeções indicavam uma participação ainda pouco significativa de baterias estacionárias no sistema elétrico nacional.

No entanto, no longo prazo, a participação de BESS tende a se tornar relevante, em especial diante da maior inserção de fontes renováveis variáveis. Nesses cenários, a incorporação de armazenamento será indispensável para a segurança e a flexibilidade operativa do sistema, o que implicará aumento da demanda mineral.

A magnitude desse impacto dependerá diretamente da quantidade de MWh de capacidade instalada em baterias. De acordo com estimativas internacionais, como as da IEA (2021), a intensidade mineral de BESS pode ultrapassar 8 toneladas por MWh, com destaque para cobre e grafite, além de outros materiais críticos como lítio, níquel e manganês.

Como os autores entendem que o panorama apresentado pode ser impactado com o LRCAP de armazenamento previsto?

O que os autores sugerem como forma de minimizar os impactos ambientais relevantes associados ao crescimento da mineração em decorrência do aumento da demanda de minerais críticos? Como garantir um processamento mineral mais sustentável, com menor risco de acidentes, com corredores logísticos de baixa emissão e a harmonização de normas ambientais? O estudo pretende considerar estes impactos no planejamento?

A discussão sobre os impactos ambientais associados ao aumento da demanda por minerais críticos tem ganhado espaço em diversas frentes no Brasil. Cabe destacar que a SNGM/MME, em parceria com a ABNT, está estruturando o Selo Mineração ESG, que trará um protocolo específico para o setor. Esse instrumento permitirá a verificação de maturidade das empresas e, posteriormente, a certificação. No setor privado, também são relevantes os esforços de adoção do protocolo TSM (Towards Sustainable Mining) e do código CRAFT, voltados à melhoria contínua das práticas socioambientais na mineração.

Outro aspecto importante é o avanço da mineração urbana, que contribui para reduzir a dependência da extração primária, diminuir resíduos e otimizar o uso de minerais já inseridos no ciclo produtivo. Complementarmente, iniciativas de descarbonização da mineração, como a adoção de frotas eletrificadas, uso de hidrogênio e biocombustíveis em processos extrativos e investimentos em eficiência energética, vêm sendo exploradas no Brasil e internacionalmente como parte de uma estratégia de mitigação de emissões.

Consideramos que incorporar os impactos ambientais à expansão da mineração no Brasil é de grande relevância tanto para mitigação destes impactos pela indústria, quanto para fortalecer o posicionamento estratégico do Brasil com uma mineração verde. No entanto, tal discussão foge ao escopo do presente estudo. Para uma discussão sobre regulamentação ambiental na mineração é necessário o envolvimento de órgãos que tenham tal competência.

Título - Implementação de técnicas de IoT (Internet of the Things) para monitoramento de ativos e gestão de energia para fins de sustentabilidade

Entidade(s) - Siemens Infraestrutura e Indústria LTDA

Autor(es) - Willian Rink Casa Grande

Resumo

RESUMO

O setor elétrico brasileiro vem passando nos últimos anos por grandes desafios, e muitos são os elementos que contribuem para o rompimento de paradigmas do setor, como ofertas descentralizadas e ambientalmente sustentáveis, além do desafio de expandir o sistema, aplicando tecnologias de digitalização e conectividade e ao mesmo tempo integrar com ativos já envelhecidos e em fase de obsolescência. Este artigo tem por objetivo apresentar dados técnicos (teóricos e práticos, incluindo casos reais) em como a implementação da tecnologia de IoT (Internet das Coisas) no monitoramento dos ativos e gestão de energia elétrica pode contribuir de forma considerável, não apenas na redução de custos financeiros e riscos operacionais, mas também na redução das emissões de gases de efeito estufa (CO²).

WILLIAN RINK CASA GRANDE

SIEMENS BRASIL LTDA

Perguntas e Respostas

Como a IoT e a IA poderiam ser usada em processos ambientais nas empresas para auxiliar nos processos de gestão ambiental, principalmente em um momento de grandes mudanças no SEB? Teriam algum exemplo de aplicação?

A aplicação da tecnologia de IoT possibilita conectar e gerenciar diferentes recursos (dispositivos) que compõem os sistemas de utilidades básicas na indústria e infraestrutura crítica em geral, pois com o auxílio de sensores e conectividade é possível coletar os dados em tempo real e com o auxílio de IA com gestão de dados em nuvem é possível uma tomada de decisão rápida, baseada em modelos de inteligência artificial generativa, fazendo com que a taxa de acerto e eficiência sejam muito altos, para ao sistema de energia brasileiro seria excelente para aplicar as fontes de energia mais sustentáveis ajustadas as diferentes demandas, diminuindo o desperdício e aumentando a eficiência do sistema. Um bom exemplo de aplicação é em sistema industriais de eletrificação onde o IoT auxilia na gestão de ativos, e consumo de energia justamente alternando as fontes de acordo com as demandas de consumo.

De que forma a adoção da IoT pode apoiar o cumprimento de metas ambientais e compromissos climáticos do SEB, como os previstos nos ODS ou nos acordos internacionais sobre mudanças climáticas?

A aplicação de da tecnologia IoT pode auxiliar de diferentes formas para atendimento aos compromissos climáticos:

- i. Gestão de ativos com prolongamento de vida útil, diminui a necessidade de renovação do parque instalado, reduzindo a demanda recorrente de insumos industrializados e consequentemente a emissão de gases do efeito estufa para a produção do mesmos, além da redução da geração de resíduos com descarte das peças substituídas;
- ii. Gestão eficiente de energia, ajustando a geração de energia à demanda utilizada, otimizando o consumo de acordo com a utilização de fontes renováveis de energia;
- iii. Conectividade para evitar deslocamentos de equipes e logística que demandam queima de combustível fóssil;

Em relação a quais variáveis ambientais o monitoramento da condição dos ativos pode contribuir para uma melhor gestão ambiental no setor elétrico?

Os autores poderiam citar exemplos de ativos de geração (UHE, eólica, solar, etc) nos quais já fora implantados este tipo de monitoramento e qual o impacto observado em termos de melhoria das variáveis ambientais e do OPEX?

Existem exemplos de aplicação em ativos em diferentes agentes de geração e aqui vou citar algumas aplicações já em funcionamento em geração hiraualica (UHE e PCH) e Eólica:

- i. UHE: Aplicação de IoT na manutenção preventiva e preditiva dos ativos, diminuindo os tempos de parada e a quantidade de peças à serem substituídas, segue exemplo de ativos monitorados:
 1. Unidade Geradora (Rotor, estator e etc)
 2. Transformadores de potência
 3. Painéis de média e baixa tensão (Eletrificação)
 4. Transformadores à Seco
 5. Sistema de Proteção e controle
- ii. Eólica: Aplicação nas torres para coleta de dados visando a manutenção preventiva e preditiva, para esta aplicação temos também o apelo das grandes distancias as quais o deslocamento com veículo à combustão é minimizado pelo uso da conectividade

Título - Financiamento da transição energética no Brasil: mapeando investimentos de 2013 a 2023 com foco no setor elétrico

Entidade(s) - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA

Autor(es) - Giovanna Carneiro Ronze Pedreira, Camila de Araujo Ferraz, daniel silva moro, Gustavo Naciff de Andrade, Igor Veneroso do Nascimento, Marina Martins Klostermann, Lidiane de Almeida Modesto

Resumo

RESUMO

O alto índice de renovabilidade da matriz elétrica brasileira confere ao país destaque no necessário processo de transição energética mundial. No entanto, para que o Brasil continue na liderança desse processo, garantir o financiamento da transição energética é um elemento fundamental para um futuro sustentável. Embora existam estudos que estimem montantes necessários para financiamento da transição, até recentemente havia uma lacuna na estruturação de um único banco de dados que consolidasse informações sobre o financiamento efetivamente direcionado à transição energética no Brasil. Este mapeamento inédito analisou o financiamento público e publicamente orientado para Transição Energética dos últimos 10 anos: BNDES, BNB, Debêntures, FNDCT (Finep), Fundos de Desenvolvimento (Amazônia, Centro-Oeste e Nordeste), Programa de Eficiência Energética (PEE) e Procel. Os resultados revelam uma diversificação de fontes e de instrumentos de financiamento entre 2015 e 2024. Já a evolução histórica dos investimentos mapeados mostra a predominância dos recursos do BNDES e debêntures como provedores de recursos de terceiros para os agentes do setor de energia. Quanto às tecnologias financiadas, cerca de 90% dos financiamentos são aplicados em tecnologias geração, distribuição e transmissão. A estruturação e transparência dos dados de financiamento na transição energética brasileira são fundamentais para guiar políticas públicas assertivas. A iniciativa da EPE, ao compilar e disponibilizar essas informações, promove o desenvolvimento sustentável do setor ao reduzir a assimetria de informações e oferecer um panorama mais preciso dos investimentos em curso.

GIOVANNA CARNEIRO RONZÉ PEDREIRA, CAMILA DE ARAÚJO FERRAZ,
DANIEL SILVA MORO, GUSTAVO NACIFF DE ANDRADE, IGOR VENEROSO DO
NASCIMENTO, LIDIANE DE ALMEIDA MODESTO, MARINA MARTINS
KLOSTERMANN

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA

Perguntas e Respostas

Quais os motivos que contribuíram para a redução proporcional no aumento de investimentos em hidroeletricidade se comparado às demais fontes de energia?

Historicamente, o Brasil apresenta o protagonismo da hidroeletricidade em sua matriz elétrica, representando 55,3% desta matriz brasileira em 2024 de acordo com os dados do Balanço Energético Nacional (BEN), elaborado pela EPE. No entanto, nos últimos anos, devido a limitações na implementação de novos grandes empreendimentos hidrelétricos, esta fonte apresenta uma redução nos volumes de financiamento no período estudado pela pesquisa (2015 a 2024).

Em paralelo, é importante observar que apesar dessa redução, a renovabilidade da matriz elétrica brasileira se mantém competitiva com o aquecimento e amadurecimento das cadeias da energia eólica e solar no país, como demonstra o mapeamento realizado. Na matriz elétrica nacional de 2024, eólica e solar representaram 14,1% e 9,3%, respectivamente (BEN, 2025). Em consonância, o mapeamento que realizamos mostra que o financiamento na fonte eólica correspondeu a R\$ 98 bilhões e na solar R\$ 54 bilhões entre 2015 e 2024, nas instituições analisadas.

Como se imagina o cenário de investimentos nas diferentes fontes de energia para os próximos anos?

Quais os desafios socioambientais atrelados à ampliação da geração a partir de fontes como solar e eólica e a introdução de BESS no sistema elétrico?

Quais critérios considerados nos mecanismos de financiamento apresentados no artigo para minimizar tais impactos socioambientais negativos?

As fontes solar e eólica, assim como o sistema de armazenamento de energia em baterias trazem efeitos positivos no que tange a uma parcela de impactos socioambientais já que permitem a redução das emissões de gases de efeito estufa em relação a fontes fósseis. No entanto, como toda ação humana, tais tecnologias apresentam desafios socioambientais, impactando a vida das populações locais, bem como o ecossistema em que estão inseridas. Embora os desafios socioambientais não estejam diretamente incluídos no escopo deste trabalho, a EPE aborda essa temática em outros estudos, como no Capítulo de Transição Energética do Plano Decenal de Energia 2034.

Para minimizar impactos socioambientais negativos, os mecanismos de financiamento para a transição energética podem levar em consideração a democratização do acesso ao financiamento, como por exemplo, à MMGD para famílias de baixa renda, inclusive com o estímulo a diferentes mecanismos, como cooperativas, para além das linhas de crédito. Considerar as múltiplas dimensões da transição energética justa e inclusiva que atenda as necessidades do povo brasileiro no planejamento energético é fundamental.

Que critérios os autores consideram que sejam importantes de serem incorporados nos mecanismos de financiamento para garantir que tenhamos não apenas uma transição energética, mas sim uma transição energética justa e sustentável?

A transição energética na visão das pesquisas de planejamento realizadas pela EPE leva em consideração a democratização, justiça energética e erradicação da pobreza energética. Estes são critérios importantes de serem incorporados nos mecanismos de financiamento para que a transição seja segura, acessível e sustentável, deixando espaço para que o Brasil busque o caminho mais adequado ao seu contexto, e isto implica a busca de soluções para múltiplos desafios. Por exemplo, além de descarbonização, a transição pode incluir como objetivos: acesso aos melhores serviços energéticos para a população e alocação eficiente do custos.

Além disso, arranjos de financiamento devem ser desenvolvidos para atendimento às dinâmicas setoriais e surgimento de novos modelos negócios. No contexto do setor elétrico, as novas dinâmicas setoriais impactarão a alocação de riscos entre os agentes, sejam eles de geração, redes ou prosumidores.

A financiabilidade e competitividade das soluções para a transição também deverão ser complementadas por mecanismos abrangentes de descarbonização da

economia, como mercados de carbono, taxonomia sustentável, certificados, entre outros. A EPE participa do processo de taxonomia sustentável do Ministério da Fazenda junto a diversos ministérios.

A experiência brasileira mostra como um ambiente propício para projetos de energias renováveis pode ser criado a partir do alinhamento entre mecanismos de financiamento, planejamento energético de longo prazo e considerações socioambientais.

Título - Tecnologia de Monitoramento na Gestão de Ativos Hídricos no Setor Elétrico: Estratégias para Sustentabilidade e Eficiência

Entidade(s) - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica CEPEL, Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

Autor(es) - Frederico Tassi de Souza Silva, Katia Garcia, ANDRÉ TOMAZ DE CARVALHO, Rodrigo Gomes Távora Maia

Resumo

RESUMO

A gestão eficiente e sustentável de ativos em usinas hidrelétricas tem se tornado cada vez mais estratégica diante das exigências regulatórias, pressões ambientais e busca por maior eficiência operacional. Este artigo aborda como as tecnologias de monitoramento em tempo real, aliadas a sistemas de análise de desempenho de ativos, contribuem para uma gestão inteligente e alinhada aos princípios de sustentabilidade empresarial. Por meio de uma arquitetura robusta de sensoriamento, coleta e visualização de dados operacionais, as usinas conseguem acompanhar continuamente a condição de seus ativos, reduzindo riscos, otimizando o uso de recursos e antecipando falhas. O monitoramento online, integrado a redes operativas e corporativas, alimenta sistemas analíticos que suportam a tomada de decisões nos níveis tático e operacional, com base em matrizes de risco e indicadores de saúde dos ativos. Além dos ganhos técnicos, essas tecnologias fortalecem a transparência corporativa, permitindo a geração de relatórios regulatórios, e comunicando de forma clara os resultados sustentáveis alcançados. O gerenciamento eficiente de insumos, como água e energia, aliado à due diligence de fornecedores com critérios ESG, completa uma abordagem integrada de responsabilidade e inovação. Por fim, destaca-se que a digitalização da gestão de ativos é uma tendência irreversível, que promove maior eficiência, sustentabilidade e valor para o setor elétrico e a sociedade.

SILVA¹, F. T. S., GARCIA¹, K. C., CARVALHO¹, A. T., MAIA¹, R. G. T.

¹ CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA – CEPEL

Perguntas e Respostas

Quais são os indicadores IGS que apresentam interface com o SOMA? Poderia dar alguns exemplos?

Os indicadores do IGS que atualmente apresentam interface com o SOMA estão relacionados principalmente ao consumo de água, incluindo:

- Consumo de água da rede de abastecimento
- Consumo de água de fonte subterrânea

- Consumo de água por captação direta em corpos hídricos
- Consumo de água de fonte pluvial

Esses dados são fundamentais para o monitoramento do uso de recursos hídricos e para o reporte em relatórios ESG, especialmente em frameworks como o Global Reporting Initiative (GRI) e o Carbon Disclosure Project (CDP).

Além disso, há planos de expansão da interface do IGS com o SOMA para incluir:

- Consumo de energia elétrica
 - Emissões fugitivas de SF₆, entre outras variáveis ambientais que estão em estudo.
- Essas integrações podem apoiar as empresas no cumprimento de metas de sustentabilidade e na geração de indicadores confiáveis para prestação de contas ambientais.

Como os dados coletados em tempo real são utilizados na rotina operacional das usinas para otimizar manutenções preventivas e corretivas, e quais resultados práticos já foram observados em termos de redução de falhas e custos operacionais?

Os dados coletados em tempo real nas usinas são fundamentais para otimizar manutenções preventivas e corretivas, permitindo decisões mais rápidas, precisas e baseadas em evidências. Isso é possível por meio de:

Detecção precoce de anomalias

Planejamento inteligente de intervenções

Exemplos práticos:

- O monitoramento contínuo de gases, como o acetileno em transformadores elevadores, permite identificar falhas internas graves com antecedência. Isso possibilita a retirada segura do equipamento, evitando falhas catastróficas e custos elevados com reparos emergenciais.
- A análise de descargas parciais por meio de gráficos PRPD permite programar ações como a limpeza de máquinas rotativas durante a próxima parada planejada, otimizando recursos e reduzindo o tempo de indisponibilidade.

Benefícios observados:

- Redução de falhas inesperadas
- Diminuição de custos operacionais
- Maior disponibilidade e confiabilidade dos ativos

Quais são os principais desafios técnicos e operacionais enfrentados na implementação de sistemas de monitoramento em tempo real nas usinas hidrelétricas e como esses desafios vêm sendo superados?

A implementação de sistemas de monitoramento em tempo real em usinas hidrelétricas enfrenta desafios como Integração com sistemas legados, Infraestrutura de conectividade, grande volume de dados, altos custos de implantação de sistemas de monitoramento x custo, capacitação das equipes e aspectos regulatórios.

Esses desafios vêm sendo superados com o uso de tecnologias como plataformas em nuvem, soluções de integração de dados em centrais de monitoramento integradas, fazendo com que os dados dos sensores se relacionem com a matriz de risco dos ativos para a companhia, ligando o operacional com o nível estratégico.

Título - Estudo do impacto técnico nas unidades geradoras de entradas diária de fontes renováveis causando variabilidade da operação e impactos na vazão hídrica

Entidade(s) -

Autor(es) - LILIAN FERREIRA QUEIROZ

Resumo

RESUMO

A crescente integração de fontes intermitentes, como a solar e a eólica, no Sistema Interligado Nacional (SIN) tem imposto desafios significativos à operação das usinas hidrelétricas brasileiras. Essas usinas, tradicionalmente utilizadas para fornecer energia de forma contínua, estão sendo cada vez mais acionadas pelo Operador Nacional do Sistema – ONS - para compensar as variações na geração das fontes intermitentes, o que resulta em impactos técnicos, operacionais e regulatórios, e a operação frequente das hidrelétricas para equilibrar a intermitência das fontes renováveis leva a um desgaste acelerado dos equipamentos. O presente informe técnico tem por objetivo apresentar o estudo realizado em relação à utilização de cenários horários de projeção de demanda e de geração variável, incluindo micro e mini geração distribuída e será apresentado o impacto nos equipamentos deste modo de despacho nas unidades geradoras das Usinas Hidrelétricas, além do impacto ambiental existente na fluência hídrica dos rios.

LÍLIAN FERREIRA QUEIROZ¹, GABRIEL ANGOTTI MAGNINO²

¹ELETRONBRAS, ²IBAMA

Perguntas e Respostas

Considerando os problemas operativos das variações diárias de carga no sistema, quais os impactos ambientais esperados?

A crescente integração de fontes de energia intermitentes, como a solar e a eólica, no Sistema Interligado Nacional (SIN) impõe um novo desafio à operação, exigindo que as usinas hidrelétricas compensem as flutuações de geração para manter o equilíbrio da rede. Essa nova dinâmica operativa, caracterizada por partidas, paradas e variações de carga frequentes, gera não apenas desgastes técnicos nos equipamentos, mas também suscita novas e importantes preocupações ambientais sobre a hidrologia dos rios.

O principal impacto ambiental está diretamente ligado às alterações no regime de vazão dos corpos hídricos. Embora a construção de uma hidrelétrica já cause mudanças morfológicas significativas, a preocupação atual foca-se na fase de operação. Os licenciamentos ambientais tradicionalmente estabelecem limites operativos, como vazões mínimas e cotas máximas, para mitigar danos. No entanto, a operação para compensar a intermitência das renováveis causa flutuações rápidas e constantes de vazão dentro desses limites, um cenário não previsto com a mesma intensidade nos estudos originais. Essas alternâncias podem "comprimir ou dilatar características hidrodinâmicas", dificultando que o ecossistema aquático a jusante e a montante do barramento atinja um novo equilíbrio ambiental estável.

Essa instabilidade hidrodinâmica tem o potencial de intensificar impactos sobre a biota aquática, as atividades de pesca, as áreas de preservação permanente nas margens e a segurança para o uso humano. Essencialmente, o problema transcende o simples cumprimento de limites máximos e mínimos; reside na frequência e na intensidade das variações operacionais que, em tese, podem gerar

um estresse ambiental contínuo e cumulativo. A resposta a esse estresse varia, sendo que cada usina e bacia hidrográfica apresenta uma sensibilidade particular. Em alguns casos, as alternâncias constantes podem refletir em maiores impactos ambientais, enquanto em outros, como em rios com uma sucessão de UHEs, os efeitos podem ser atenuados.

Portanto, a questão central é que o modelo de despacho atual, embora tecnicamente necessário para a estabilidade do SIN, introduz uma nova dimensão de impacto ambiental que pode não ter sido adequadamente mensurada. Isso evidencia a necessidade de uma articulação mais robusta entre o Operador Nacional do Sistema (ONS), os órgãos ambientais e os agentes do setor elétrico. É fundamental reavaliar os paradigmas operativos e desenvolver normas ou acordos que permitam a geração de energia hidrelétrica de forma eficaz e flexível, mas com impactos ambientais reduzidos e devidamente gerenciados, garantindo a sustentabilidade da matriz energética brasileira a longo prazo.

Como trabalhar as limitações de vazão mínima e máxima mencionadas no artigo, para mitigar os efeitos da geração intermitente, considerando não só a operação do SIN, mas também os usos múltiplos dos recursos hídricos?

Para trabalhar as limitações de vazão de forma a mitigar os efeitos da geração intermitente, considerando tanto a operação do SIN quanto os usos múltiplos dos recursos hídricos, é necessário ir além da simples observância dos limites mínimos e máximos e focar na gestão da dinâmica operacional.

A questão central não é que os limites de vazão mínima ou máxima, estabelecidos nos processos de licenciamento ambiental, estejam sendo desrespeitados. O verdadeiro desafio reside na frequência e na intensidade das variações de vazão que ocorrem dentro desses limites autorizados. As usinas hidrelétricas são acionadas pelo ONS para compensar rapidamente as flutuações da geração eólica e solar, resultando em um regime de operação com partidas, paradas e ajustes de carga constantes. Essa operação intermitente pode "comprimir ou dilatar características hidrodinâmicas" a montante e a jusante das barragens, dificultando que o ecossistema aquático atinja um novo equilíbrio ambiental estável.

Essa instabilidade operacional impacta diretamente os múltiplos usos dos recursos hídricos. Acionamentos fora do padrão podem prejudicar a estratégia de armazenamento e uso da água, comprometendo a segurança hídrica e a gestão de múltiplos usos da água, como irrigação, navegação e abastecimento. Além disso, as rápidas alterações no fluxo das águas podem intensificar os impactos sobre a biota aquática, as atividades de pesca, as áreas de preservação permanente nas margens e a segurança para o uso humano, questões que são objeto de preocupação nos processos de licenciamento ambiental. Portanto, a simples adesão aos limites de vazão é insuficiente para proteger esses múltiplos interesses quando a forma como se opera dentro desses limites gera um estresse contínuo no sistema hídrico.

A solução proposta nas fontes não é de natureza puramente técnica, mas sim institucional e colaborativa. A principal recomendação é aumentar a articulação e os diálogos técnicos entre os diversos atores envolvidos. Isso inclui o Operador Nacional do Sistema (ONS), os órgãos ambientais (como o Ibama), o setor produtivo de energia, o Ministério de Minas e Energia (MME) e o Ministério do Meio Ambiente (MMA). O objetivo dessa colaboração é reavaliar os paradigmas operacionais atuais para, em conjunto, propor novas normas ou estabelecer tratados que considerem esses novos impactos. Esse novo arranjo regulatório deve buscar um equilíbrio que

permita a geração de energia hidrelétrica de forma flexível para garantir a estabilidade do SIN, mas com impactos ambientais reduzidos e previsíveis, salvaguardando assim os múltiplos usos da água a longo prazo.

Os autores poderiam citar exemplos práticos de aumento de manutenção nos equipamentos a partir de uma maior entrada de fontes intermitentes, que corroborem as conclusões do trabalho?

Os autores poderiam explicar melhor os impactos ambientais oriundos desta nova maneira de utilização dos reservatórios das UHEs. Existem exemplos práticos destes impactos?

Os impactos ambientais da nova forma de operação das usinas hidrelétricas (UHEs) vão além dos efeitos já conhecidos da construção das barragens. A questão central reside na nova dinâmica operacional em microescala de tempo, imposta pela necessidade de compensar a intermitência de fontes renováveis como a eólica e a solar. Essa operação, caracterizada por acionamentos e desligamentos frequentes das turbinas, introduz novas nuances aos impactos ambientais que não foram totalmente previstas nos estudos de licenciamento originais.

Essas constantes alternâncias operacionais, determinadas pelo Operador Nacional do Sistema (ONS), "comprimem e dilatam" as características hidrodinâmicas do corpo hídrico, tanto no reservatório (a montante) quanto no rio abaixo da barragem (a jusante). Essa instabilidade dificulta que o ecossistema fluvial atinja um novo equilíbrio ambiental. Embora os processos de licenciamento estabeleçam limites operacionais, como a cota máxima do reservatório e as vazões mínimas, o problema agora está na frequência e intensidade com que a operação varia dentro desses limites.

Exemplos práticos desses impactos, que são frequentemente observados e avaliados em processos de licenciamento ambiental. As alterações no regime de fluxo da água podem afetar diretamente: A biota aquática, alterando habitats e ciclos de vida, as atividades de pesca, a estabilidade das margens e Áreas de Preservação Permanente (APPs), que podem sofrer com a erosão, a segurança do uso humano do rio.

É importante notar que a magnitude desses impactos varia significativamente dependendo das características de cada UHE e do rio em que está inserida. Diante deste cenário, é fundamental uma maior articulação entre o ONS, os órgãos ambientais e o setor elétrico para desenvolver normas que permitam a geração de energia com impactos ambientais reduzidos, evitando sanções e medidas que possam ir contra a operação do sistema.

Para o problema do aumento da manutenção, os autores indicaram soluções, como por exemplo, incentivos regulatórios. Para o caso do impacto ambiental, que soluções ou remediações poderiam ser consideradas?

Título - AVALIAÇÃO DO ESTÁGIO SUCESSIONAL DE FRAGMENTOS DE MATA ATLÂNTICA PARA COMPENSAÇÃO FLORESTAL DE LINHAS DE TRANSMISSÃO

Entidade(s) - Ambientare Soluções Ambientais Eireli

Autor(es) - Mariana Caroline Moreira Morelli, Alexandre Messias Reis, VANESSA PEREIRA FREITAS

Resumo

RESUMO

A definição do estágio sucessional da vegetação secundária é uma exigência normativa para a compensação florestal pela intervenção na vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, conforme a Lei nº 11.428/2006. No entanto, os métodos convencionais de inventário florestal apresentam limitações significativas quando aplicados a empreendimentos lineares, como linhas de transmissão, principalmente devido à escala dos projetos, aos altos custos e à baixa representatividade espacial das parcelas de campo. Este trabalho discute essas limitações a partir de um estudo de caso na Bahia, onde foi necessário estimar, de forma pretérita, os estágios sucessionais da vegetação suprimida em 2015 para fins de compensação e regularização de passivos. Diante da impossibilidade de aplicação dos métodos tradicionais, uma vez que a vegetação havia sido removida, foi adotada uma abordagem baseada em sensoriamento remoto, utilizando NDVI, imagens Planet e dados do sensor GEDI, processados por meio do algoritmo Random Forest. A metodologia demonstrou potencial para fornecer uma alternativa técnica viável, com maior abrangência espacial e coerência com a escala do empreendimento, contribuindo para a superação de uma lacuna ainda pouco explorada na avaliação ambiental de projetos lineares. A proposta aqui apresentada não substitui integralmente o trabalho de campo, mas amplia a capacidade de análise, reduz custos operacionais e oferece suporte mais consistente à tomada de decisão por parte dos responsáveis técnicos, órgãos ambientais e empreendedores.

MORELLI, MARIANA CAROLINE MOREIRA; REIS, ALEXANDRE MESSIAS; FREITAS, VANESSA PEREIRA.

AMBIENTARE SOLUÇÕES AMBIENTAIS EIRELI

Perguntas e Respostas

A quantificação da compensação florestal foi efetivamente calculada baseada nos dados gerados pelo estudo? Poderia falar um pouco mais sobre como foram os desdobramentos após a conclusão do estudo?

Sim, a quantificação da compensação florestal foi calculada com base nos dados gerados pelo estudo. A supressão ocorreu sem a devida quantificação e a obra foi abandonada, o passivo ambiental permaneceu com o empreendedor e passou a ser cobrado pelo órgão ambiental. Nesse caso, a vegetação só pôde ser quantificada por meio de imagens anteriores à supressão. Além da definição da área a ser compensada com base na área suprimida, utilizamos ferramentas de sensoriamento para analisar os parâmetros de classificação do estágio sucessional da vegetação suprimida. Com a conclusão do estudo, foi proposta a compensação das áreas classificadas como estágio médio e avançado por meio de regularização fundiária dentro de unidade de conservação e encaminhada ao órgão ambiental.

Quais limitações técnicas foram observadas no uso de sensoriamento remoto para estimativa da vegetação suprimida, e como essas limitações foram mitigadas na metodologia aplicada?

As principais limitações estavam relacionadas à necessidade de quantificar a vegetação com base em imagens anteriores à supressão, o que restringe a

atualização temporal dos dados e a resolução espacial disponível para distinguir detalhes finos da vegetação e seus estágios.

Para mitigar essas limitações, utilizamos uma abordagem integrada que combinou imagens de alta resolução Planet com dados de radar Sentinel-1, além do uso do Modelo Digital de Terreno (MDT) para considerar a topografia e declividade, fundamentais para ajustar a análise. A calibração do modelo foi realizada com dados pontuais de altimetria do projeto GEDI, que fornecem informações LIDAR precisas sobre a altura relativa da vegetação. Esses dados foram incorporados por meio do algoritmo Random Forest, permitindo interpolar com precisão a altimetria por pixel e, assim, classificar os estágios sucessionais da vegetação conforme critérios altimétricos.

Como esta análise poderia ser incorporada na metodologia do IBAMA para definição de traçados de LT (“Guia de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) – Relação causal de Referência de Sistema de Transmissão de Energia”)?

Qual o impacto estimado em termos de custos, da aplicação das estratégias sugeridas? E em termos de prazo?

Em termos de custos, o uso do sensoriamento remoto reduz significativamente os gastos com deslocamentos, número de equipes em campo e logística — que costumam ser os principais custos em empreendimentos lineares. Em relação ao prazo, permite uma análise mais ágil e abrangente, contribui para a validação dos dados de campo e evita extrapolações excessivas em áreas sem unidades amostrais. Isso confere maior confiança ao estudo e, conseqüentemente, reduz a necessidade de revisões por parte do órgão ambiental.

Título - CORREDOR ESTRATÉGICO: UMA NOVA PROPOSTA DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL PARA LINHAS DE TRANSMISSÃO

Entidade(s) - Ambientare Soluções Ambientais Eireli

Autor(es) - Cristiane Rubini Dutra, FELIPE MOURÃO LAVORATO DA ROCHA

Resumo

RESUMO

O Plano Decenal de Energia: 2034 (EPE, 2024) prevê a implantação de 30.198 km de linhas de transmissão na próxima década no Brasil, dos quais 24.450 km deverão entrar em operação até 2029. Essa expansão acelerada é reflexo, principalmente, da diversificação da matriz energética brasileira e ampliação da participação de fontes renováveis na geração de eletricidade, além da necessidade de instalação de data centers em importantes centros de carga do país, que exigem conexões robustas ao sistema de transmissão para garantir o suprimento ininterrupto e constante de energia elétrica. Diante deste cenário, é premente a atualização e modernização de instrumentos do licenciamento ambiental de linhas de transmissão, de modo a conferir maior eficiência e celeridade ao processo e aderência à realidade de execução destes projetos – dotados de dinamismo e singularidades que conferem complexidades adicionais em relação às demais tipologias construtivas. Para superar esses desafios, propõe-se uma mudança no objeto de licenciamento ambiental para projetos de transmissão. O modelo atual, que se baseia no vetor da diretriz e estruturas acessórias específicas, seria substituído por um conceito mais abrangente: o corredor estratégico. Este novo enfoque incorporaria as áreas de

intervenção direta, incluindo aquelas a serem suprimidas, e a faixa de servidão, acrescidas de uma margem de segurança, necessária para acomodar os inevitáveis ajustes de projeto que surgem tanto na fase de estudos quanto na etapa construtiva, garantindo flexibilidade e eficiência ao processo, sem comprometer a segurança jurídica do licenciamento ambiental.

DUTRA, CRISTIANE RUBINI; LAVORATO, FELIPE
AMBIENTARE SOLUÇÕES AMBIENTAIS EIRELI
Perguntas e Respostas

Esta proposta já foi levada e discutida com algum órgão licenciador? Se sim, como foram as tratativas?

Sim. Foi realizada reunião com a Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM) em 18/10/2024, para apresentação e discussão da proposta. À época, representantes do órgão ambiental informaram que havia discussões similares em andamento na Fundação, englobando esta temática e projetos de infraestrutura lineares. Todavia, não havia horizonte para deliberação e alteração normativa que favorecesse tal previsão.

Paralelamente a esta discussão, havia também a necessidade de se discutir o ‘custo de passagem’ e as formas de compensação e reposição florestal para o corredor estratégico, considerando a exigência do Estado de Minas Gerais para realização de censo florestal das áreas efetivas de supressão. O censo compõe modalidade de inventário florestal a 100%, que exhibe comportamento estocástico, ou seja, cujo estado é indeterminado e aleatório, não sendo, a princípio, passível de modelagem e previsão.

Até o momento (setembro de 2025), não houve publicação de normativa em Minas Gerais que trate especificamente sobre a ampliação da área passível de licenciamento ou preveja a dispensa de realização de censo florestal.

Existe uma proposta piloto de corredor estratégico para alguma das linhas planejadas pela EPE?

Foram levantados na literatura casos de implementação de mecanismos similares de licenciamento de empreendimentos de transmissão em outros países?

Não. A pesquisa se restringiu ao território nacional.

Quais as principais dificuldades seriam enfrentadas frente o arcabouço de licenciamento ambiental atual, para implementar o licenciamento ambiental via corredor estratégico?

A dificuldade mais notável é a imposição, por parte de alguns órgãos ambientais, de realização de censo florestal para o levantamento de indivíduos isolados a serem suprimidos. Isso porque essa metodologia de inventário florestal a 100% exhibe comportamento estocástico, ou seja, cujo estado é indeterminado e aleatório, dificultando a proposição de modelos preditivos e cálculo do ‘custo de passagem’.

Para viabilizar tal situação, haveria a necessidade de alteração prévia das

normativas vigentes, o que exigiria disponibilidade de efetivo do órgão (quadro já bastante restrito) para analisar tal situação e propor alternativas tecnicamente embasadas e com lastro legal, além de vontade política para promover alterações normativas na casa legislativa.

Para além da imposição normativa, há que se pensar na compensação ambiental e florestal e taxas florestais devidas em função do quantitativo de supressão da vegetação. Uma vez que o cálculo e o pagamento da reposição florestal consideram a área e volume de supressão estimados, o montante a ser considerado neste cálculo seria o do corredor estratégico (maior), e não da área passível de supressão (menor) – o que poderia aumentar consideravelmente o montante devido.

Pode-se pensar em alternativas para marcos legais já em execução, como, por exemplo, a dispensa de adendo ou retificação de licença para pequenos ajustes de projeto, como deslocamentos vante e ré em praças de torre e relocação de acessos, desde que inseridos na faixa de servidão, condicionando a apresentação, ao final da etapa de implantação, do ‘as built’. Isso exigiria a adaptação do instrumento de autorização de supressão da vegetação, para que também comportasse tais ajustes.

Título - ESTRATÉGIAS PARA REDUÇÃO DA SUPRESSÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA EM PROJETOS DE TRANSMISSÃO

Entidade(s) - Ambientare Soluções Ambientais Eireli

Autor(es) - Cristiane Rubini Dutra, Monique dos Santos Costa, Bruno Meira

Resumo

RESUMO

O setor elétrico brasileiro enfrenta o duplo desafio de expandir sua infraestrutura de transmissão e reduzir os impactos ambientais, particularmente a supressão da vegetação. O projeto Alto Paranaíba (1.567 km de linhas de transmissão entre Minas Gerais e São Paulo) exemplifica essa complexidade, combinando grande extensão territorial, prazos curtos de implantação e a necessidade de minimizar intervenções em ecossistemas sensíveis. Nesse contexto, a redução da área suprimida não só atende a exigências ambientais, mas também traz ganhos operacionais, como otimização de custos e cronograma, além de alinhamento com diretrizes governamentais e acordos climáticos. Para alcançar esses objetivos, o projeto implementou 10 estratégias divididas em dois eixos principais: redução global da supressão e proteção específica da Mata Atlântica. Essas medidas resultaram na diminuição de 33% na supressão total de vegetação nativa, e limitaram a intervenção na Mata Atlântica a apenas 48 hectares – abaixo do limite que demandaria anuência do IBAMA. A aplicação dessas estratégias exigiu adaptações nos processos operacionais, incluindo a complementação das Listas de Construção e a intensificação da gestão de campo para supervisionar a supressão da vegetação. A padronização de procedimentos e o monitoramento contínuo foram essenciais para consolidar as medidas, criando um modelo bem-sucedido que pode ser replicado em outros projetos de transmissão que buscam igualmente a redução da supressão da vegetação.

DUTRA, CRISTIANE RUBINI; COSTA, MONIQUE DOS SANTOS; TAVARES, BRUNO COELHO MEIRA; DAIBERT, DANIEL VILAS BOAS.
AMBIENTARE SOLUÇÕES AMBIENTAIS EIRELI

Perguntas e Respostas

Quanto tempo foi necessário previamente para realização dos cenários analisados para definição do modelo que seria adotado para redução da supressão? Quais as áreas da empresa foram envolvidas?

Foram despendidas cerca de 132 horas (ou 21 dias consecutivos), idealizando, modelando e analisando os cenários possíveis. Foi desenvolvida matriz decisória contendo os principais critérios considerados, que foram combinados entre si, permitindo a análise cruzada. A partir destas combinações, foram estabelecidos seis cenários prioritários, que foram replicados em ambiente GIS.

A tomada de decisão envolveu a análise cruzada dos seguintes critérios principais: geometria das praças de torre estaiada (regularizadas e não regularizadas); dimensão das praças de torre regularizadas (se a regularização seria em 100% das praças de torre estaiada ou somente naquelas com dimensão superior à dimensão padrão definida no início da etapa de viabilidade); fitofisionomias indicadas para transposição de fragmentos com auxílio de drone; largura da faixa de serviço (em geral e quando sobreposta a APP e Mata Atlântica); largura dos acessos novos com supressão, a depender da fitofisionomia sobreposta; mínimo conforto construtivo.

A análise para definição do cenário escolhido envolveu diretamente a coordenação do projeto e a analista de geoprocessamento (por parte da consultoria), em conjunto ao gestor do projeto e superintendente de licenciamento ambiental por parte do cliente. Após decisão pela equipe de gestão, tanto da consultoria quanto do time de meio ambiente do cliente, a proposição foi validada pelos times de engenharia e implantação do empreendedor.

O artigo menciona "foi observada certa resistência por parte de algumas equipes de campo". Poderiam falar um pouco mais a respeito sobre os motivos da resistência e como essa foi superada?

Toda mudança gera resistência, ainda mais sobre procedimentos já tão largamente consumados no setor de transmissão. Dentre as principais mudanças, cito quatro:

1. Alteração da Lista de Construção (LC) para inclusão de colunas específicas para as dimensões irregulares das praças, para as restrições ambientais, vãos para lançamento de cabos com drones e exigência de lançamento do cabo contrapeso na praça de torre.

Como a resistência foi superada: alinhamento prévio entre os times de meio ambiente/consultoria e equipes de implantação, reforçando a importância do cumprimento das medidas previstas.

2. Restrição para lançamento do cabo contrapeso na faixa de serviço: boa parte das discussões se deram em torno da adaptação do método de lançamento do cabo contrapeso, que não poderia mais ser feito ao longo da faixa de serviço, tanto em função da seleção dos vãos para lançamento com drone quanto pela presença de áreas de alto potencial paleontológico. Ambas as situações não permitiam a supressão da vegetação, exigindo que o cabo contrapeso fosse lançado nos limites da própria praça de torre.

Como a resistência foi superada: alinhamento prévio entre os times de meio ambiente/consultoria e equipes de implantação, reforçando a importância do cumprimento das medidas previstas. Reforço e retomada do assunto ao longo da etapa da implantação, ou sempre que houvesse alteração da equipe de campo responsável.

3. Alteração na geometria de supressão: balizamento e supressão de poligonais irregulares e acessos variáveis (4 m em geral e 3 m em APP e Mata Atlântica), que requer maior atenção, checagem e, eventualmente, mais tempo para execução de tais atividades. Exige a consulta em tempo real ao mapa e/ou vetor com o uso do solo contendo as classes fitofisionômicas.

Como a resistência foi superada: alinhamento prévio entre os times de meio ambiente/consultoria e equipes de implantação, reforçando a importância do cumprimento das medidas previstas. Reforço e retomada do assunto ao longo da etapa da implantação, ou sempre que houvesse alteração da equipe de campo responsável.

4. Checagem das áreas passíveis de supressão: supervisão ambiental (da consultoria e do cliente) atenta às dimensões individuais de cada praça e acessos com supressão de Mata Atlântica e APP (variáveis). Exige a consulta ao mapa e/ou vetor com o uso do solo contendo as classes fitofisionômicas.

Como a resistência foi superada: alinhamento prévio entre os times de meio ambiente/consultoria e equipes de supervisão e implantação, reforçando a importância do cumprimento das medidas previstas. Reforço e retomada do assunto ao longo da etapa da implantação, ou sempre que houvesse alteração da equipe responsável.

Importante citar que a execução das medidas propostas foi facilitada pela sinergia entre as equipes de gestão da consultoria e do cliente e equipes de engenharia e implantação. Reuniões frequentes e estreitamento das relações facilitaram a boa comunicação e sinergia entre os diferentes times.

Como esta análise poderia ser incorporada na metodologia do IBAMA para definição de traçados de LT (“Guia de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) – Relação causal de Referência de Sistema de Transmissão de Energia”)?

Qual o impacto estimado em termos de custos, da aplicação das estratégias sugeridas? E em termos de prazo?

A redução no quantitativo de supressão, que passou de 477 ha, inicialmente calculada, para 321 ha, representou uma economia de cerca de 30% em compensações ambientais e taxas florestais.

Especificamente em relação às fitofisionomias de Mata Atlântica, obteve-se a redução de 66 para 48 ha (incluindo as disjunções de Mata Atlântica, exigidas pela legislação de Minas Gerais). Considerando que, em Minas Gerais, a compensação pela supressão destas fitofisionomias é na proporção de 2:1, obteve-se a redução da necessidade de compensação para 36 ha apenas nestas fitofisionomias.

A modalidade escolhida para compensação pela supressão destas fitofisionomias foi a aquisição de imóveis pendentes de regularização fundiária em Unidades de Conservação de proteção integral federais. Valores levantados à época, para imóveis nessa condição inseridos em parques nacionais federais, situavam o custo do hectare entre R\$15.000,00 e R\$25.000,00.

Apenas para a compensação pela supressão de Mata Atlântica, a economia estimada foi da ordem de R\$540.000,00 a R\$900.000,00. Enquanto para as demais fitofisionomias, a economia na modalidade de compensação via regularização fundiária foi da ordem de R\$1.800.000,00 a R\$3.000.000,00, a depender dos valores por hectare dos imóveis disponíveis.

Além disso, deixou-se de pagar a compensação pela supressão de espécies protegidas por lei ou imunes de corte, reduzindo o custo na ordem de R\$990.000,00. Em relação ao custo com plantio compensatório, a economia situou-se na faixa de R\$59.000,00 (considerando o custo do plantio em R\$60.000,00/hectare).

Por fim, também se economizou na taxa de reposição florestal, estimada com base na volumetria do material lenhoso. Estendendo-se a redução de 30% em área ao volume do material suprimido, a economia foi da ordem de R\$45.000,00.

Ao total, em termos numéricos, estima-se a redução do CAPEX, a partir da redução do quantitativo de supressão, em valores entre R\$3.434.000,00 e R\$4.004.000,00.

Todavia, dentro os ganhos mais significativos, está a manutenção do cronograma previsto para emissão das licenças concomitantes (LP+LI+LO), em função da dispensa de anuência do IBAMA para supressão de Mata Atlântica, uma vez que o quantitativo final de supressão destas fitofisionomias ficou abaixo de 50 ha. Tal fato contribuiu grandemente para a antecipação do cronograma de implantação do projeto em cerca de 700 dias, tendo como referência o Painel de Informações de Empreendimentos de Transmissão em Andamento (ANEEL), disponível em <https://portalrelatorios.aneel.gov.br/trans/trans> (consulta feita em setembro de 2025).

Título - Impacto das Queimadas nas Linhas de Transmissão do Sistema Interligado Nacional (SIN) - Diagnóstico e Recomendações

Entidade(s) - Thymos Meteorologia e Participações Ltda, Thymos Energia

Autor(es) - José Guilherme Martins dos Santos, Alexandre José do Nascimento Silva, Desirée Cornélio de Paiva Caldeira Brandt Lopes, Victor Ribeiro, Bianca Lobo Hetem Silva, Paulo Cesar Espinoza Etchichury, Leonardo Italo de Oliveira, JOAO CARLOS DE OLIVEIRA MELLO

Resumo

RESUMO

Com o objetivo de avaliar o impacto das queimadas nas linhas de transmissão do Sistema Interligado Nacional (SIN), foram utilizados dados mensais sobre interrupções nas Linhas de Transmissão (LT) disponibilizados de forma gratuita pelo Operados Nacional do Sistema Elétrico (ONS). Analisando o período entre janeiro de 2012 e outubro de 2024 foi possível encontrar que 32% das perturbações na rede básica estão associadas com as queimadas, sendo a concessionária ELETROBRÁS-CHESF a que registrou o maior número de desligamentos, com

14,2% do total. Para esse caso em específico, o horário com maior frequência de desligamentos é o das 14h00 (hora local), com 16,0%, e setembro o mês com a maior concentração de ocorrências, com 27,8% do total. As LT com tensão de 230 e de 500 kV foram as mais afetadas, juntas representando mais da metade das ocorrências. Os trechos mais sensíveis identificados neste estudo foram a “LT 230 kV Milagres – Banabuiú” e a “LT 500 kV Milagres - Quixadá”, ambas no Ceará e a “LT 500 kV Teresina II - Presidente Dutra”, no trecho Piauí/Maranhão. A identificação as regiões mais frágeis possibilitam a concessionárias avaliar a viabilidade de realizar manutenções recorrentes nas estruturas, a fim de diminuir os desligamentos. Associado a isso, sugere-se também o uso da meteorologia para monitoramento em tempo quase real para evitar danos mais significativos nas LT.

GUILHERME MARTINS, ALEXANDRE NASCIMENTO, BIANCA LOBO,
LEONARDO OLIVEIRA, DESIRÉE BRANDT, PAULO ETCHICHURY, VICTOR
RIBEIRO, JOÃO CARLOS MELLO
NOTTUS METEOROLOGIA

Perguntas e Respostas

Pelos resultados os autores verificaram que não houve tendência nem para aumento nem para redução dos desligamentos e conclui que o problema não é conjuntural, e sim estrutural. Quais aspectos conjunturais foram analisados para serem descartados como possível fonte dos desligamentos?

Os aspectos conjunturais analisados envolveram a sazonalidade das queimadas (concentradas nos meses mais secos em que são observadas temperaturas mais elevadas), variações horárias e comportamento anual de desligamentos. Ao analisar estatisticamente e observar estabilidade nos desligamentos anuais, sem tendência significativa de aumento ou redução, concluiu-se que os desligamentos por queimadas não decorrem de eventos conjunturais e sim de fatores estruturais intrínsecos à exposição das linhas em regiões vulneráveis e à rotina de manutenção e monitoramento exigida pelo sistema.

Que tipo de estratégia preventiva poderia ser priorizada pelas concessionárias em regiões mais críticas?

Quais são os principais desafios operacionais para implementar um sistema de monitoramento em tempo quase real das condições ambientais ao longo das linhas de transmissão?

Um dos principais desafios é a disponibilidade de informações meteorológicas (precipitação, vento e temperatura) de qualidade, tanto temporal quanto espacial, ao longo ou nas proximidades das linhas de transmissão. Essa lacuna poderia ser parcialmente suprimida com a instalação e manutenção de estações meteorológicas (a manutenção periódica aumenta os custos e complexidade operacional). A partir dos dados coletados seria possível compreender as condições meteorológicas passadas, bem como identificar eventos extremos de seca (queimadas), de tempestades (chuva intensa) e rajadas de vento que frequentemente ocasionam desligamentos. Com esse panorama, protocolos poderiam ser estabelecidos para acionar alertas quando limiares críticos dessas variáveis fossem atingidos. Entretanto, os meios de comunicação também apresentam limitações: disparando de alertas por SMS depende da cobertura de telefonia móvel, que nem sempre está

disponível em trechos remotos da linha de transmissão, a transmissão via satélite pode sofrer atrasos, além de limitações associadas à cobertura de nuvens ou ao intervalo de passagem; e o envio de mensagens por aplicativos como WhatsApp ou Telegram depende da disponibilidade de internet, o que pode inviabilizar o monitoramento em determinadas áreas.

Considerando que o problema é estrutural e não conjuntural, como as políticas públicas e regulatórias poderiam evoluir para apoiar ações mais eficazes das concessionárias na mitigação de riscos associados às queimadas?

A identificação de áreas mais suscetíveis às queimadas seria muito útil tanto para a prevenção e redução dos danos causadas ao sistema já existente como também para subsidiar planejamento da expansão do sistema de transmissão. Já existem iniciativas neste sentido?

Sim. Já existem diversas iniciativas voltadas à identificação de áreas mais suscetíveis às queimadas, que podem apoiar tanto a prevenção de danos ao sistema existente quanto o planejamento de novas linhas de transmissão:

- Estudos estatísticos e de modelagem matemática: uso de séries temporais e regressão logística para correlacionar variáveis meteorológicas e históricas de queimadas com desligamentos de linhas de transmissão.
- Sensoriamento remoto: análise de imagens de satélite e produtos derivados (como focos de calor do INPE e mapas de uso e cobertura do solo do MapBiomas) permitem identificar trechos frequentemente afetados por incêndios.
- Inteligência artificial: algoritmos de machine learning têm sido aplicados para integrar múltiplas fontes de dados (meteorologia, vegetação, histórico de queimadas) e gerar mapas de risco mais precisos.
- Monitoramento em tempo quase real: além dos satélites, algumas concessionárias vêm testando o uso de câmeras termais instaladas ao longo das linhas, o que possibilita a detecção imediata de focos de incêndio — superando limitações de cobertura e periodicidade dos satélites.

Essas iniciativas demonstram que já existe um ecossistema consolidado de dados e ferramentas no Brasil (INPE, MapBiomas, concessionárias de energia), mas ainda há desafios de integração entre diferentes fontes de informação e de escalabilidade dessas soluções para todo o sistema de transmissão.

As informações sobre as regiões citadas como mais sujeitas às queimadas e a identificação dos períodos do ano com maior número de ocorrências já tem sido utilizada pelas empresas para adoção de medidas preventivas?

Considerando que cerca de 98% das queimadas são devidas às ações humanas, Já existem ações de comunicação social para conscientização ambiental nas áreas já identificadas como mais suscetíveis?

Título - Caracterização do padrão climático de queimadas no entorno de linhas de transmissão: um estudo de caso no Piauí

Entidade(s) - Agência Brasileira de Meteorologia Ltda

Autor(es) - Carolina Lourenço Portella, Naiara Rinco de Marques e Carmo

Resumo

RESUMO

Este estudo analisa o impacto das queimadas em Linhas de Transmissão (LTs), buscando entender os fatores meteorológicos associados a essa intensificação do fenômeno e identificar padrões históricos que possam contribuir para a previsão e prevenção de eventos semelhantes. Além disso, é feita uma análise específica sobre o mês de agosto de 2022, marcado por um aumento de focos na área da LT-A, no Piauí. As queimadas emergem como uma ameaça crescente, podendo comprometer a estrutura física das LTs e causar interrupções do serviço. O estudo se baseia em quatro questões principais sobre a região de interesse: (a) qual a região preferencial para a maior ocorrência de queimadas, (b) quais anos apresentaram mais incêndios, (c) se o período de agosto de 2022 foi o mais intenso, e (d) se existe algum padrão de mudanças das queimadas nos últimos 4 anos. A metodologia adotada inclui a análise de dados satelitais de 2019 a 2022. Os resultados mostram que o ano de 2022 foi o mais crítico em termos de focos de incêndio na região, causado por, entre outros fatores, anomalias positivas de temperatura e precipitação abaixo da média histórica durante o mês de agosto. Assim, a pesquisa conclui que o ano de 2022 apresentou condições climáticas especialmente favoráveis à disseminação de focos de queimada no entorno da LT-A. Tais resultados reforçam a importância de análises preventivas e da utilização de tecnologias de monitoramento para assegurar a continuidade do fornecimento de energia e mitigar os riscos associados às mudanças climáticas.

CAROLINA LOURENÇO PORTELLA; PEDRO REGOTO; NAIARA RINCO DE MARQUES E CARMO

CLIMATEMPO

Perguntas e Respostas

Como os resultados encontrados serão utilizados pela(s) Transmissora(s) da região para construir modelos preventivos? Foi realizada alguma troca de conhecimentos com a(s) concessionária(s)?

Uma vez que, na maioria dos casos, o gatilho para os incêndios são causados pelas ações humanas, quais ações preventivas poderiam/deveriam ser tomadas para minimizar as ocorrências?

Quais medidas de manejo da vegetação poderiam ser adotadas especificamente nos trechos mais críticos identificados no estudo, considerando a recorrência e intensidade das queimadas?

Como incorporar as conclusões deste estudo nos critérios de licenciamento ambiental e de renovação de Licença de Operação de linhas de transmissão que cruzam áreas suscetíveis a queimadas?

Quais estratégias poderiam ser incorporadas para o monitoramento em tempo real de focos de calor e condições atmosféricas críticas ao longo de corredores de LT?

Considerando que uma das principais causas para as queimadas é a ação humana, e que em decorrência não há correlação direta e necessariamente alta entre as queimadas e as condições climáticas, a divisão em trechos da LT estudada não deveria levar em conta a diferença entre o tipo de vegetação ou do uso do solo da região percorrida por esta LT? Ou no caso estudado havia homogeneidade desses aspectos ao longo de toda a extensão da LT?

Tendo em vista a significativa diferença na ocorrência de queimadas no período histórico analisado, a utilização do monitoramento em tempo real parece ser a melhor indicação para análise dos parâmetros meteorológicos para a redução dos riscos associados às mudanças climáticas? Quais são as maiores dificuldades para realização deste monitoramento ao longo das linhas?

4.0 – Constatações