

WHITE PAPER

O PADRÃO EM MODELAGEM GEOLÓGICA EM 3D PARA EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO

Como a modelagem geológica no Leapfrog Geo capacita geocientistas para moldar o futuro da exploração e da mineração



Resumo executivo	3
CAPÍTULO 1 Como enfrentar desafios da geologia de exploração	4
CAPÍTULO 2 Como superar desafios da geologia de produção	7
CAPÍTULO 3 Como melhores insights favorecem a mineração sustentável e a produção responsável de recursos	10
CAPÍTULO 4 Soluções líderes do mercado para o setor de mineração	12
CAPÍTULO 5 Liderando o futuro da geociência: inovação, ensino e colaboração	15



Sumário executivo

À medida que aumenta a demanda de recursos essenciais em todo o mundo, também aumenta a pressão sobre os geólogos para fornecer insights confiáveis e eficazes sobre a subsuperfície da Terra. Esses insights não são apenas essenciais para orientar a exploração e as descobertas, mas também para ajudar as operações de mineração ativas a compreender a geologia, reduzir riscos, garantir responsabilidade ambiental e impulsionar a produção de recursos de maneira econômica, sustentável e transparente.

Para acompanhar o ritmo da crescente demanda, atualmente, os geólogos estão recorrendo a ferramentas avançadas de modelagem em 3D que otimizam os fluxos de trabalho de gerenciamento de dados e promovem uma comunicação clara com um conjunto diversificado de stakeholders. O Leapfrog Geo, uma solução líder do mercado de modelagem geológica em 3D, ajuda geólogos a enfrentar esses desafios, integrando grandes conjuntos de dados, visualizando ambientes complexos de subsuperfície com mais detalhes e possibilitando colaboração em tempo real entre as equipes.

Neste white paper, mostramos os principais desafios que os geólogos enfrentam na exploração e na produção e como eles lançam mão das ferramentas de modelagem para melhorar a tomada de decisão e a eficiência operacional. Desde a redução de incertezas na exploração até a atualização dinâmica de modelos em operações ativas de mineração, apresentamos exemplos reais de geólogos que transformaram seu trabalho para atender a demandas atuais.



CAPÍTULO 1

Como enfrentar desafios da geologia de exploração

Os geólogos de exploração são encarregados de obter uma compreensão abrangente da subsuperfície (incluindo as principais litologias, mineralização, alterações e estruturas) para ajudar a localizar recursos minerais comercialmente viáveis no menor tempo possível e com o menor custo possível.

Para isso, é necessário fazer o gerenciamento e a interpretação de grandes volumes de dados coletados em sondagens, levantamentos geofísicos e mapeamentos geológicos. Além disso, os projetos de exploração enfrentam um alto nível de incerteza, pois apenas uma parte dos esforços de exploração leva a descobertas de recursos viáveis.

O sucesso da exploração depende de diversos fatores, incluindo a garantia de financiamento adequado e, talvez o mais importante, o aproveitamento das tecnologias de exploração mais avançadas disponíveis no mercado.

A função da modelagem implícita em 3D na exploração

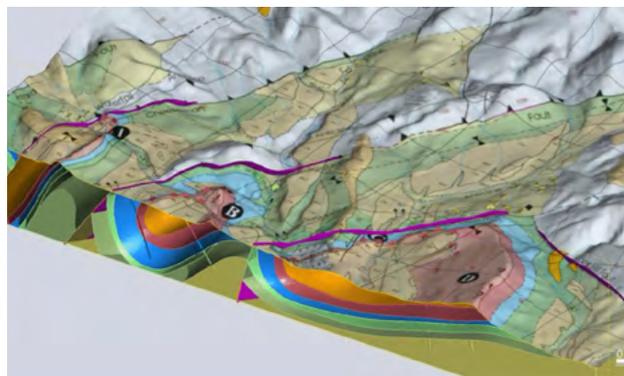
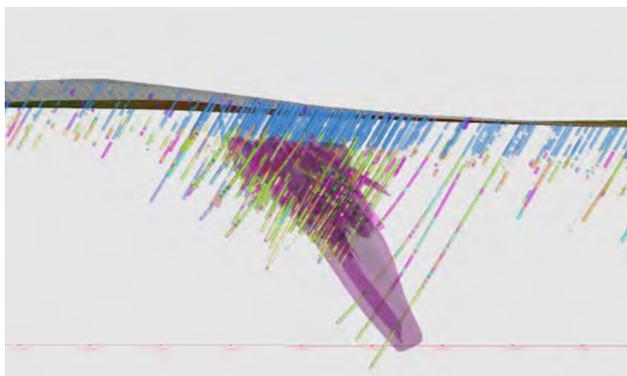
Nas últimas décadas, as tecnologias de modelagem, em particular, evoluíram significativamente. As soluções avançadas de modelagem em 3D são agora ferramentas essenciais para programas de exploração modernos. Com essas ferramentas, os geólogos podem visualizar e interpretar rapidamente estruturas complexas da subsuperfície, diferentemente das técnicas antigas de modelagem explícita. Ao usar soluções como o Leapfrog Geo, os geólogos conseguem interpretar efetivamente grandes conjuntos de dados, combinando informações de furos de sondagem, dados geofísicos e dados geoquímicos.

Essa integração de diversos conjuntos de dados ajuda os geólogos a criar modelos em 3D abrangentes para várias finalidades. Os modelos não só refinam as estratégias de exploração e ajudam a identificar litologias de alto potencial,

como também são essenciais para reduzir riscos financeiros ao servirem de base para o posicionamento de alvos de furo de sondagem.

Outra vantagem importante é a visualização clara e precisa. Esses modelos em 3D melhoram a comunicação com os stakeholders, proporcionando a transparência necessária para alinhar geólogos, gerentes, investidores, agências reguladoras e comunidades locais. Os geólogos podem apresentar uma imagem clara das descobertas na subsuperfície, facilitando para os stakeholders compreender e apoiar os esforços de exploração.

Por fim, usando essas ferramentas, os geólogos podem mudar o foco de um demorado processamento manual de dados para a tomada de decisões estratégicas de alto nível. Isso gera fluxos de trabalho mais eficientes e possibilita uma melhor compreensão de possíveis recursos, o que é essencial para estimar valor e tomar decisões de exploração com base em informações.



Como a Mundoro Capital Inc. fortaleceu a comunicação com os stakeholders por meio da modelagem em 3D

A Mundoro Capital Inc., uma empresa de exploração, de capital aberto e sediada no Canadá, enfrentou o desafio de gerenciar e compartilhar grandes conjuntos de dados geocientíficos entre vários projetos.

Historicamente, a empresa criava conjuntos de dados separados, como mapas, relatórios e arquivos, mas essa abordagem se mostrou insuficiente para transmitir informações complexas de forma eficaz. De acordo com o gerente sênior do gerenciamento de dados da Mundoro, o método tradicional não era muito interativo e claro, principalmente para os stakeholders não técnicos, que achavam difícil visualizar informações geológicas em 3D a partir de apresentações isoladas de dados em 2D.

Para superar esses desafios, a Mundoro implementou uma solução avançada de modelagem em 3D e gerenciamento de dados para otimizar seus fluxos de trabalho. Ao concentrar os dados e visualizá-los em 3D, a Mundoro criou um ambiente interativo que trouxe melhorias transformadoras, incluindo:



Interpretação de dados mais eficiente: os stakeholders podem revisar projetos em sua totalidade, explorar dados em tempo real e obter uma compreensão completa do escopo e da qualidade de cada projeto;

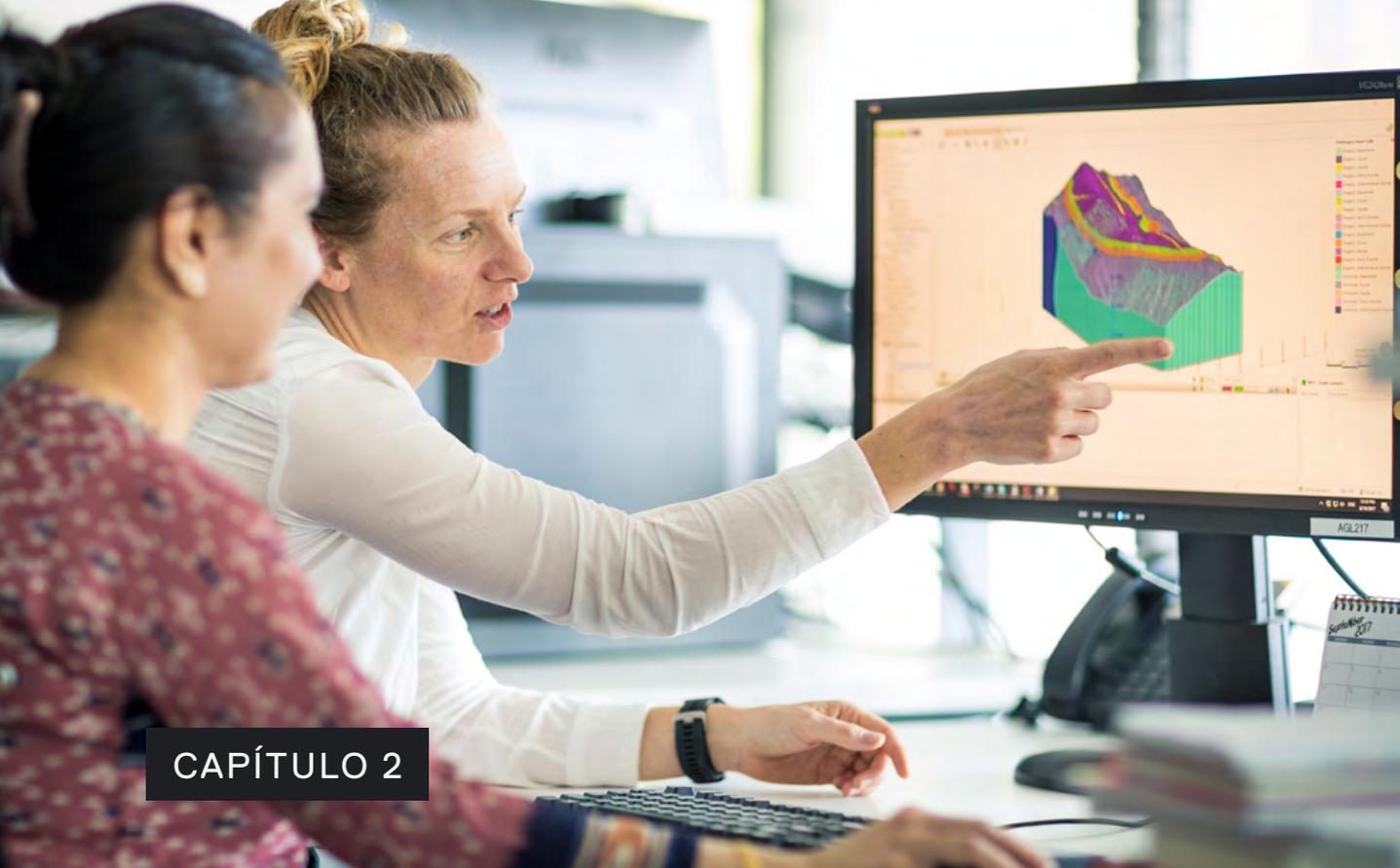


Maior agilidade na tomada de decisão: os geólogos podem refinar e comunicar seus insights e interpretações com mais eficiência, reduzindo o tempo que os parceiros levam para avaliar projetos e tomar decisões de investimento;



Melhor colaboração: o ambiente de dados integrados facilita sessões semanais de estratégia mais coesas para a equipe técnica, possibilitando uma abordagem sincronizada para o posicionamento de alvos na exploração.

Leia a história completa →



CAPÍTULO 2

Como superar desafios da geologia de produção

Os geólogos que trabalham em campos de mineração ativa são responsáveis por atualizar continuamente os modelos geológicos com base em dados e em tempo real para garantir operações seguras e embasar as decisões sobre a produção de recursos, o gerenciamento de resíduos e a sustentabilidade ambiental da mina.

Um dos principais desafios da geologia de produção é a natureza dinâmica das condições na subsuperfície. Como os dados de controle de teores são coletados diariamente, os modelos geológicos precisam ser atualizados continuamente para incluir as informações mais recentes. Sem modelos abrangentes em tempo real, as operações de mineração correm o risco de cometer erros dispendiosos, como perfurar fora do depósito mineral ou gerenciar mal minérios e resíduos.

Os métodos tradicionais de modelagem em 2D geralmente não identificam a complexidade da geologia do depósito, levando a interpretações errôneas e ineficiências operacionais. Para suprir essa deficiência, os geólogos de produção estão adotando métodos de modelagem mais avançados que os ajudam a tornar mais claras a comunicação e a coordenação entre operadores de planta de processamento, engenheiros de mineração e outros stakeholders, além de apoiar tomadas de decisão com base em informações.

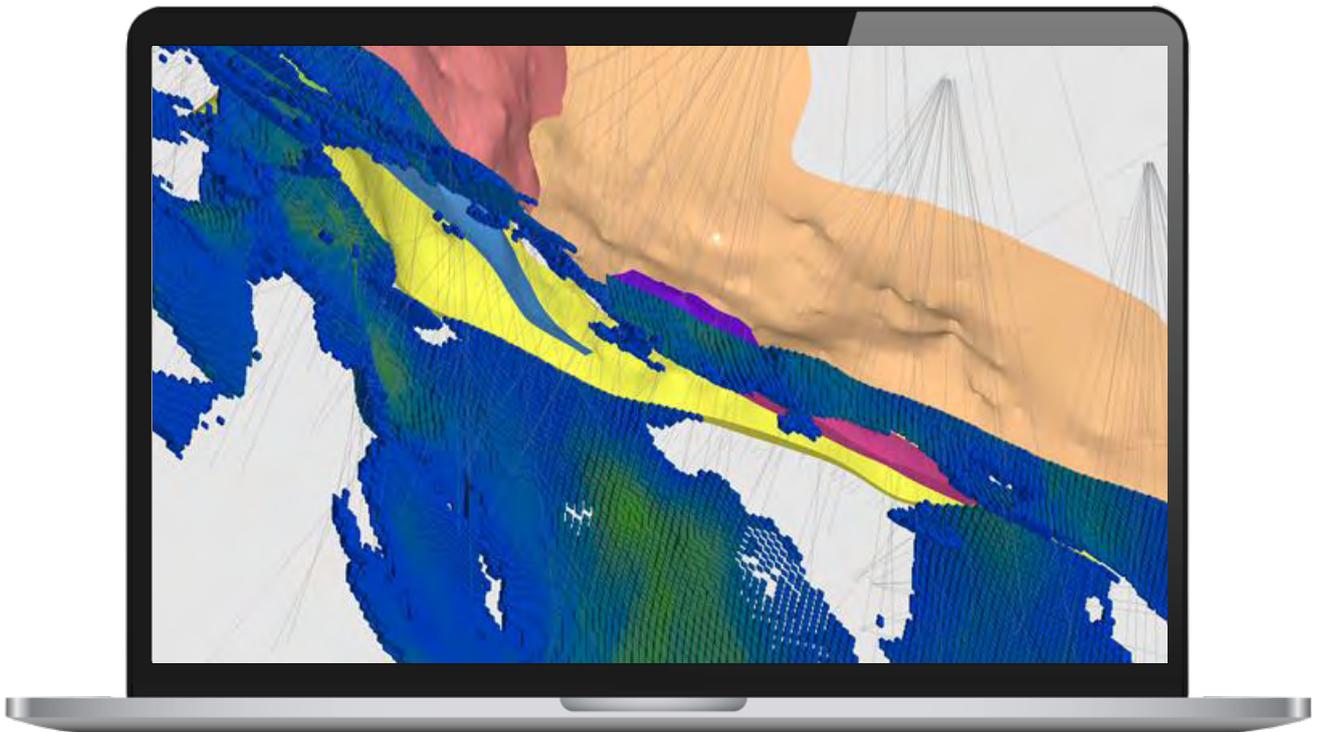
A função da modelagem geológica em 3D na produção

As soluções avançadas de modelagem em 3D são adequadas às necessidades dinâmicas dos geólogos de produção. Como elas têm a capacidade de atualizar os modelos à medida que novos dados são coletados, os geólogos podem responder a mudanças nas condições da mina.

Por serem perfeitamente integradas com os sistemas de controle de teores, elas fornecem

insights mais precisos sobre a distribuição de corpos de minério, otimizando a extração de recursos e o gerenciamento de resíduos.

Os recursos de visualização do software em 3D ajudam a reduzir o risco de erros de interpretação ao fornecer representações detalhadas e atualizadas da geologia dos depósitos. Essa análise em tempo real facilita um melhor planejamento e tomada de decisões, reduz os impactos ambientais e minimiza as interrupções operacionais.



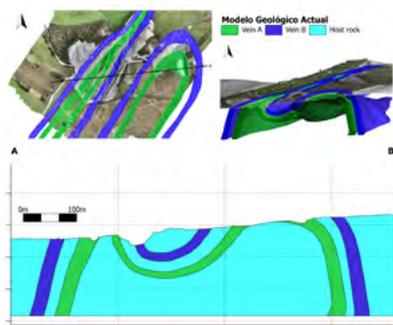
Como a Asturmine garantiu a viabilidade da mina de caulim com a modelagem em 3D

A Asturmine, uma consultoria de geologia de engenharia, trabalhou com uma mina de caulim de cava a céu aberto que enfrentava dois desafios principais:

1. **Continuidade incerta do depósito:** dados geofísicos recém-coletados geraram dúvidas sobre a continuidade e o padrão de mineralização, anteriormente compreendidos por meio de modelos geológicos tradicionais;
2. **Material heterogêneo:** a diversidade de depósitos de caulim na mina precisava atender a necessidades específicas dos clientes e, para isso, era necessário uma melhor compreensão da composição dos recursos.

Os métodos em 2D tradicionais eram insuficientes para compreender a complexidade do depósito, o que representava uma ameaça à viabilidade da mina a longo prazo.

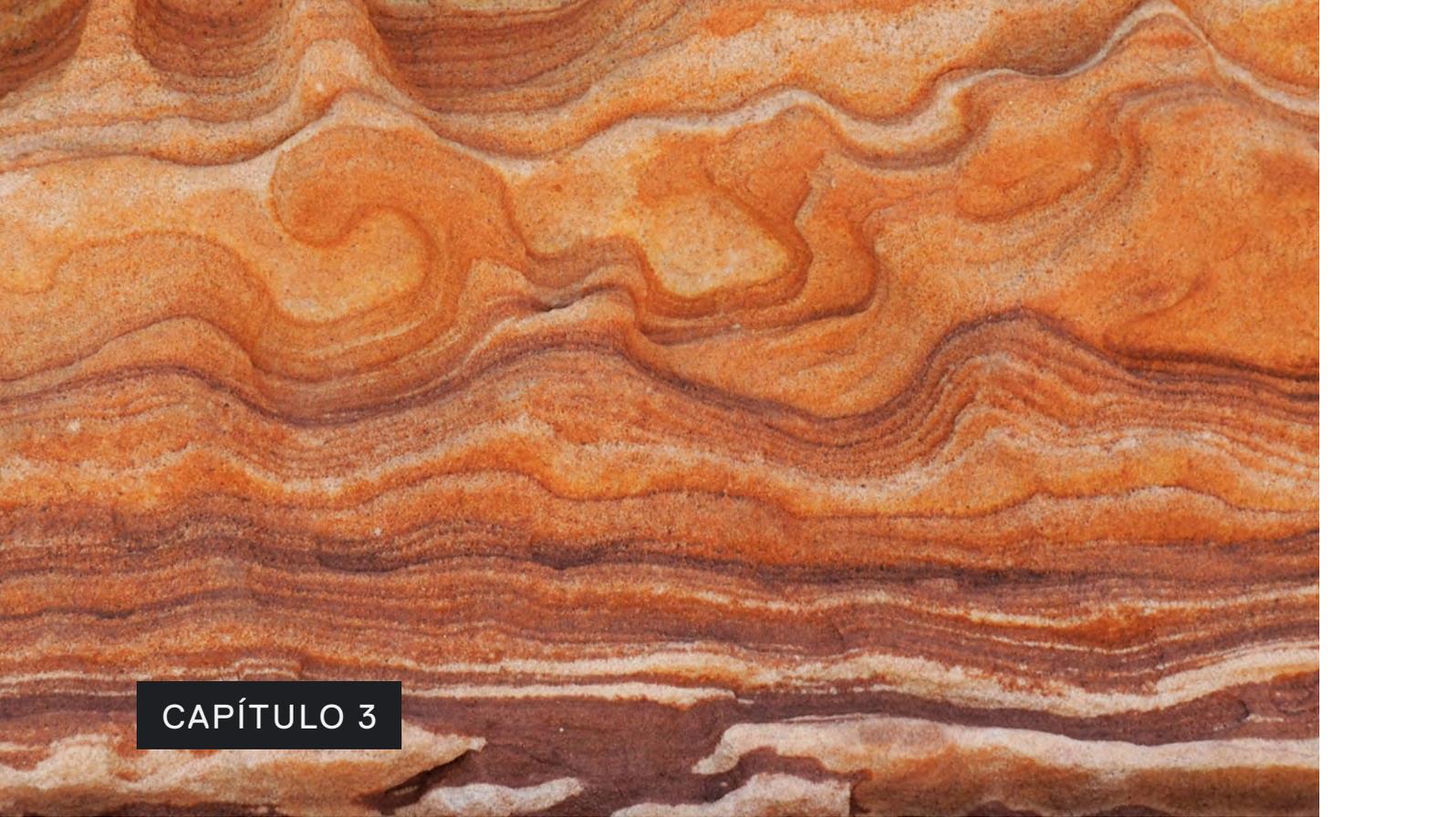
A Asturmine usou modelagem em 3D avançada para obter uma compreensão abrangente do teor e da distribuição do depósito. Em apenas cinco dias, eles desenvolveram um modelo em 3D detalhado que revelou uma camada de argila dobrada, anteriormente oculta, fornecendo as informações necessárias para esforços de exploração e mineração mais direcionados.



O modelo ajudou a Asturmine a criar estratégias de mineração específicas para o cliente com base na composição do minério, reduzindo os rejeitos e minimizando o impacto ambiental da mina. Essa compreensão precisa da geologia do depósito significou redução de custos e contribuiu para operações mais eficientes e sustentáveis.

Resultado final: o novo modelo garantiu o futuro da mina e facilitou a exploração adicional direcionada.

Leia a história completa →



CAPÍTULO 3

Como melhores insights favorecem a mineração sustentável e a produção responsável de recursos

Quanto maior é a demanda de minerais, maior é a necessidade de gerenciar com responsabilidade a exploração e a produção de recursos. Atualmente, os geólogos e as empresas de mineração não só precisam encontrar e produzir recursos valiosos, mas também devem garantir que suas operações respeitem o meio ambiente, protejam o patrimônio cultural e se envolvam com as comunidades locais de forma transparente e colaborativa.

Uma modelagem eficiente é essencial para alcançar esses objetivos. Os geólogos usam ferramentas avançadas de modelagem em 3D para compreender melhor a subsuperfície e orientar as decisões que reduzam o impacto ambiental desnecessário.

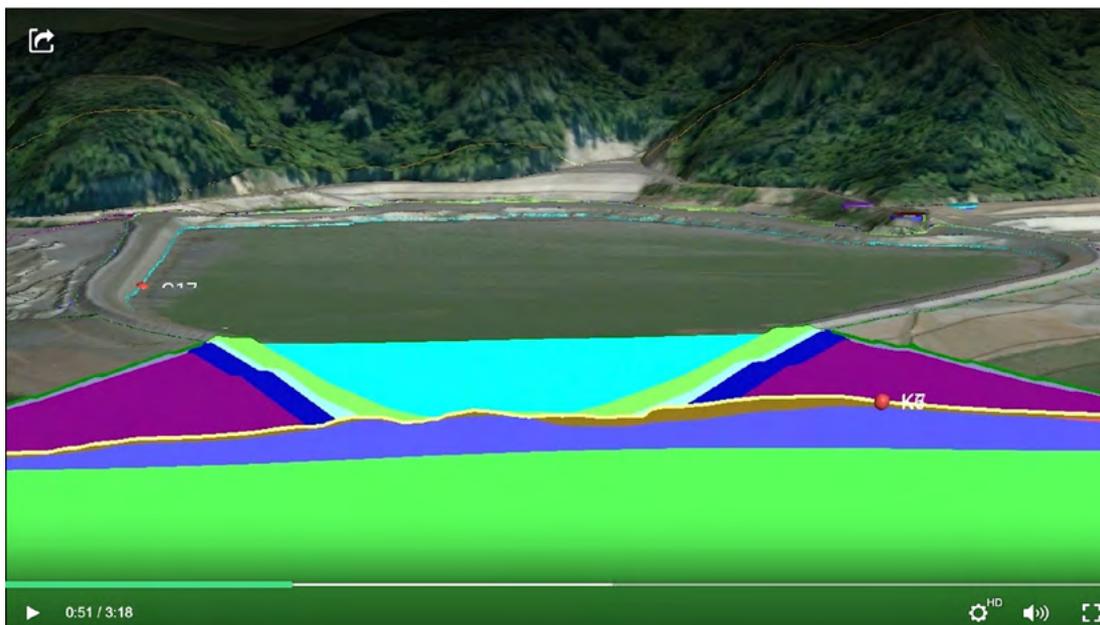
Esses modelos também melhoram a comunicação com os stakeholders, facilitando para as empresas a obtenção (e a manutenção) da sua licença para operar. Desde a visualização de possíveis impactos ambientais até a promoção da transparência com as comunidades locais, grupos ambientais e agências reguladoras, a modelagem avançada ajuda as operações de mineração a tomar decisões com base em informações mais detalhadas e, ao mesmo tempo, a reduzir os riscos para o meio ambiente e a sociedade.

OceanaGold Waihi TSF: aumento da segurança, da colaboração e da conformidade regulatória

A OceanaGold, uma produtora multinacional de recursos como ouro e cobre, enfrentou o desafio de gerenciar a Instalação de Armazenamento de Rejeitos (TSF) em suas operações de Waihi e, ao mesmo tempo, garantir a segurança do meio ambiente e da comunidade local.

Para isso, os profissionais usaram modelagem em 3D avançada para desenvolver um gêmeo digital abrangente da instalação, integrando dados geotécnicos e ambientais em tempo real. Essa abordagem permitiu o monitoramento proativo de fatores críticos, como a estabilidade de taludes e os níveis de água.

O gêmeo digital também forneceu uma visualização em 3D da estrutura da EAR, promovendo a colaboração entre equipes internas, agências reguladoras e comunidades locais. Ao aumentar a compreensão e a transparência, o gêmeo digital ajudou a OceanaGold a alinhar suas operações com as normas ambientais e a manter sua licença para operar, reduzindo os riscos e apoiando a sustentabilidade de longo prazo. Essa abordagem inovadora fez com que a OceanaGold fosse finalista do prêmio [Going Digital Awards da Bentley](#) na categoria Infraestrutura em 2023.



Leia a história completa →



CAPÍTULO 4

Soluções líderes do mercado para o setor de mineração

O Leapfrog Geo da Seequent é reconhecido como a solução de modelagem em 3D líder no setor de mineração. Com a confiança de milhares de geocientistas em todo o mundo, o software tornou-se um recurso essencial para a geologia de exploração e produção devido à sua combinação de agilidade, flexibilidade e facilidade de uso.

Tecnologia pioneira de RBF

As raízes do Leapfrog Geo remontam a uma tecnologia originalmente desenvolvida para próteses e imagens médicas. Essa tecnologia, conhecida como função de base radial (RBF), logo passou a ser aplicada em vários setores, inclusive em Hollywood para efeitos especiais em filmes como “O Senhor dos Anéis” e até mesmo na NASA para mapear asteroides.

Com a confiança de milhares de geocientistas em todo o mundo, o software tornou-se um recurso essencial para a geologia de exploração e produção devido à sua combinação de agilidade, flexibilidade e facilidade de uso.

A compreensão da subsuperfície com uma solução de geociência completa

O Leapfrog Geo é mais do que apenas uma avançada ferramenta de modelagem geológica: faz parte de um conjunto abrangente de soluções desenvolvidas para aumentar a compreensão da subsuperfície e otimizar os fluxos de trabalho geocientíficos.

Ao combinar o Leapfrog Geo com outras ferramentas da Seequent, os usuários podem aproveitar ainda mais seus dados geológicos. Seja coletando imagens de alta qualidade em campo, gerenciando grandes volumes de dados de sondagem ou incorporando dados geofísicos em seus modelos, o amplo ecossistema da Seequent oferece um fluxo de trabalho perfeitamente integrado que aumenta a eficiência, a precisão e os insights.

Mais de 7.400

clientes usam o software da Seequent em mais de 140 países

8/10

das maiores empresas de mineração do mundo usam software da Seequent

Mais de 95%

de taxa de satisfação com nossa ajuda e suporte na linha de frente



LEAPFROG IS SOFTWARE SCIENTISTS USE TO CREATE 3D MODELS OF THIS KIND OF RELATIVE ELEVATION MAP. PARTLY FROM GREEK FOR "PLACE"

FATO CURIOSO

O Leapfrog Geo apareceu uma vez em uma resposta do "Jeopardy!", um programa de televisão nos Estados Unidos de perguntas e respostas.

Agregue inteligência ao seu modelo com dados geofísicos

A geofísica desempenha um papel fundamental para a exploração mineral, fornecendo insights essenciais sobre a subsuperfície que orientam as decisões de perfuração e avaliações de recursos. Ao combinar o Leapfrog Geo com o [Oasis montaj](#) e o [Aarhus GeoSoftware \(AGS\)](#), os usuários podem enriquecer seus modelos geológicos com dados geofísicos de alta qualidade.

Com o Oasis Montaj e o AGS, os geocientistas podem processar, analisar, inverter e visualizar conjuntos de dados geofísicos e geológicos, possibilitando insights mais detalhados sobre a subsuperfície. Com a combinação dessas ferramentas, é possível criar modelos mais abrangentes e baseados em dados, o que possibilita uma melhor tomada de decisão e estratégias de exploração mais eficientes.

Coleta de dados com o Imago

A qualidade e a precisão dos modelos geológicos dependem muito dos dados que os alimentam. Com o [Imago](#), os usuários do Leapfrog Geo podem coletar, gerenciar e compartilhar imagens de alta resolução de amostras de testemunhos de sondagem, afloramentos e outras feições geológicas em tempo real. Com a integração do Imago e do Leapfrog, os usuários visualizam fotografias de testemunhos de sondagem diretamente na interface do Leapfrog e, portanto, sem a necessidade de alternar entre aplicativos ou buscar as imagens certas. Isso permite correlacionar e comparar, mais facilmente, as feições geológicas nas fotos de testemunhos de sondagem em vários furos de sondagem.

Gerenciamento de dados com o MX Deposit

Gerenciar dados de furos de sondagem e de amostras é uma parte essencial de qualquer projeto de exploração. O [MX Deposit](#) é uma solução baseada na nuvem que simplifica a coleta, o gerenciamento e o compartilhamento desses dados, garantindo que todos os stakeholders tenham acesso a uma única fonte confiável de informações. Ao usar o MX Deposit com o Leapfrog Geo, os usuários podem trazer grandes volumes de dados de furos de sondagem para seus modelos em 3D, otimizando o processo de gerenciamento e interpretação de dados. Dessa forma, geocientistas podem atualizar rapidamente seus modelos com as informações de perfuração mais recentes, promovendo uma melhor tomada de decisão e reduzindo os prazos dos projetos.

Compreenda a interação entre solo e estrutura com o GeoStudio e o PLAXIS

Em projetos de mineração e engenharia civil, compreender a interação entre solo e estrutura é essencial para a segurança, a eficiência e o sucesso do projeto. O [GeoStudio](#) e o [PLAXIS](#), duas ferramentas avançadas de análise geotécnica, oferecem a capacidade de modelar a estabilidade de taludes, o fluxo de águas subterrâneas e a transferência de calor e massa no solo e na rocha. Ao combinar essas ferramentas com o Leapfrog Geo, os usuários podem incorporar dados geotécnicos detalhados em seus modelos geológicos, fornecendo uma compreensão abrangente da interação entre materiais da subsuperfície e estruturas de engenharia.

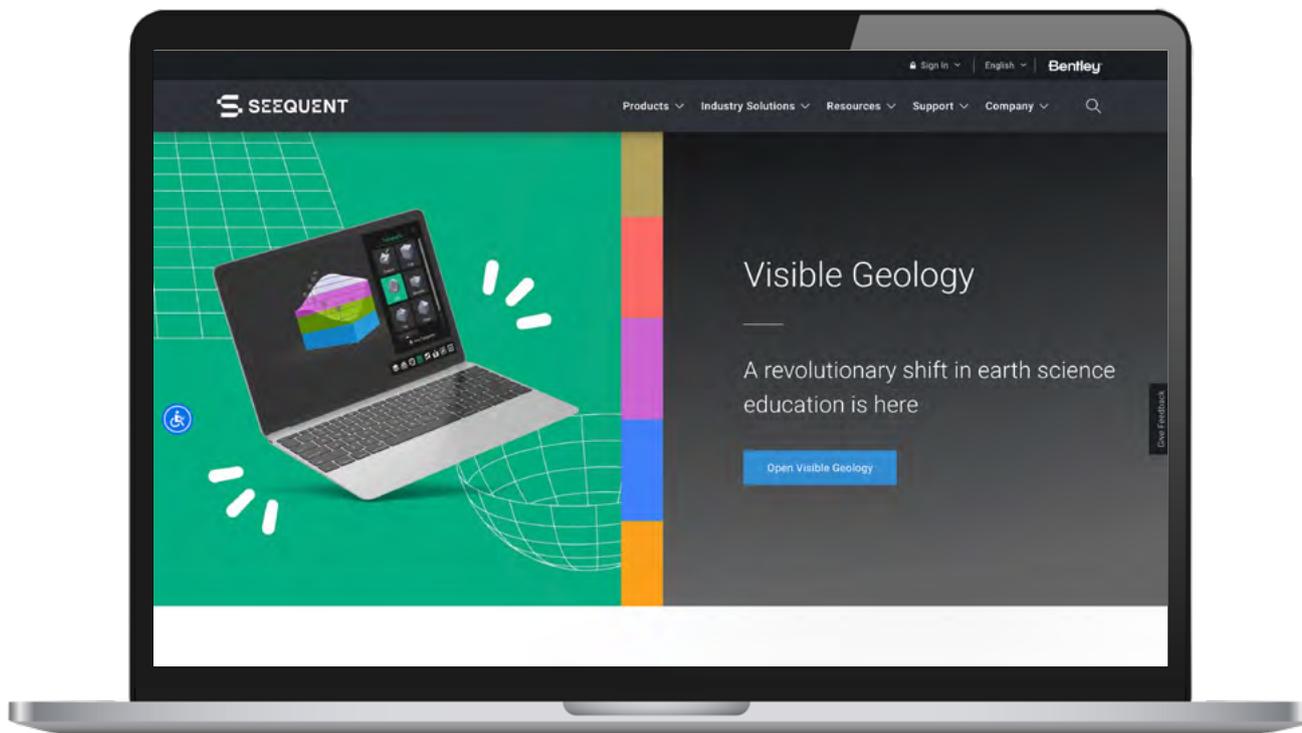
Isso é especialmente valioso para planos de lavra, instalações para armazenamento de rejeitos e outros projetos de infraestrutura em que as preocupações geotécnicas devem ser consideradas com atenção.



CAPÍTULO 5

Liderando o futuro da geociência: inovação, ensino e colaboração

Na Seequent, temos um forte compromisso com a geologia. Por sermos uma empresa criada por geocientistas para geocientistas, estamos constantemente expandindo os limites do que é possível com tecnologias e ferramentas inovadoras. Ao combinar conhecimento técnico com desenvolvimento de projetos centrado no usuário, criamos um portfólio de soluções que não apenas melhoram a maneira como compreendemos a subsuperfície, mas também tornam processos geológicos complexos mais acessíveis e intuitivos.



Inspirando a próxima geração de geocientistas

Reconhecemos a necessidade de inspirar e equipar a próxima geração de geocientistas. É por isso que desenvolvemos o **Visible Geology**, um aplicativo gratuito baseado na Web, desenvolvido para dar vida a conceitos geológicos para estudantes e educadores. O Visible Geology vai além dos métodos tradicionais de ensino em 2D e capacita os alunos com uma experiência de aprendizado em 3D imersiva.

Com seus recursos de modelagem intuitiva em 3D, recursos de colaboração para

salas de aula e redes estereográficas digitalizadas, o Visible Geology ajuda estudantes a compreender conceitos básicos sobre geologia de forma fascinante. Os educadores podem incluir perfeitamente essa ferramenta no currículo, modernizando a experiência de aprendizagem e envolvendo os alunos com topografias interativas, seções transversais, amostras de testemunho de sondagem e muito mais.

Ao incentivar os alunos a explorar o mundo da subsuperfície em um ambiente digital inovador, a Seequent está desempenhando um papel fundamental para moldar o futuro do campo da geociência.



Descubra hoje a eficiência do Leapfrog Geo para o setor de mineração

Acesse seequent.com/leapfrog-geo para explorar vídeos sobre produtos, histórias de sucesso de clientes ou solicitar uma avaliação gratuita de 14 dias ou uma demonstração em tempo real.



seequent.com

Seequent, The Bentley Subsurface Company