DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.6/51

Redução de Emissão de Carbono na Execução de Acesso Viário de Mina com uso de Geogrelha Rigída

Wladimir Caressato Junior
Coordenador Técnico, TDM Brasil, Jaguariúna, Brasil, wcaressato@tdmbrasil.com.br

Bruna Todescan de Carvalho
Engenheira Civil, TDM Geossintéticos Brasil, Jaguariúna, Brasil, btodescan@tdmbrasil.com.br

RESUMO: Os geossintéticos têm se consolidado como alternativas viáveis e sustentáveis para o reforço de pavimentos e estruturas de solo, oferecendo vantagens técnicas, econômicas e ambientais. O presente estudo tem como objetivo demonstrar quantitativamente como o uso de geogrelhas rígidas multidirecionais pode contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa (CO_2eq) durante a execução de acessos viários em ambiente minerário. Com base em um projeto real de acesso viário em uma mina de minério de ferro, foram avaliados os ganhos ambientais decorrentes da redução da espessura das camadas granulares e do menor consumo de materiais e combustível no processo construtivo. A solução convencional apresentava espessura total aproximada de 2,0 m, enquanto a estrutura reforçada com geogrelhas permitiu reduzir essa espessura para cerca de 1,2 m, mantendo o desempenho estrutural da via. Considerando um trecho representativo de 1.000 m de extensão e 20 m de largura, a otimização estrutural resultou em uma redução estimada de aproximadamente 28,2% nas emissões de CO_2eq associadas à execução da obra. Os resultados evidenciam que a utilização de geossintéticos pode contribuir simultaneamente para o aumento da eficiência estrutural das vias não pavimentadas e para a redução do impacto ambiental associado à construção de infraestrutura em operações de mineração.

PALAVRAS-CHAVE: geogrelhas rígidas multidirecionais, geossintéticos, vias não pavimentadas, reforço de pavimentos, emissões de carbono, infraestrutura de mineração.

.

ABSTRACT: Geosynthetics have become viable and sustainable alternatives for the reinforcement of pavements and soil structures, providing technical, economic, and environmental benefits. This study aims to quantitatively demonstrate how the use of multidirectional rigid geogrids can contribute to the reduction of greenhouse gas emissions (CO_2eq) during the construction of mine access roads. The analysis was based on a real access road project in an iron ore mine, where environmental gains resulting from the reduction of granular layer thickness and lower material and fuel consumption during construction were evaluated. The conventional road structure presented a total thickness of approximately 2.0 m, while the reinforced configuration incorporating geogrids allowed the structural thickness to be reduced to about 1.2 m while maintaining the required traffic performance. Considering a representative segment 1,000 m long and 20 m wide, the structural optimization resulted in an estimated reduction of approximately 30.7% in CO_2eq emissions associated with road construction. The results indicate that the use of geosynthetics can simultaneously improve the structural efficiency of unpaved roads and reduce the environmental impact associated with infrastructure construction in mining operations.

KEYWORDS: multidirectional rigid geogrids, geosynthetics, unpaved roads, pavement reinforcement, carbon emissions, mining infrastructure.

1 INTRODUÇÃO

A construção e manutenção de vias não pavimentadas em ambientes minerários representam um desafio recorrente para a engenharia geotécnica, especialmente quando essas estruturas são submetidas a tráfego pesado e condições climáticas adversas. Em operações de mineração a céu aberto, acessos viários são frequentemente utilizados por caminhões fora-de-estrada, resultando em elevados níveis de tensão transmitidos às camadas granulares e ao subleito. Nessas condições, deformações permanentes, formação de trilhas de roda (*rutting*) e perda de estabilidade superficial são problemas comuns, particularmente quando o subleito apresenta baixa capacidade de suporte.

A solução tradicional para esse tipo de situação geralmente consiste no aumento da espessura das camadas granulares ou na utilização de materiais pétreos de maior qualidade. Embora essas estratégias possam melhorar temporariamente a capacidade de suporte da via, elas frequentemente implicam em elevado consumo de materiais, intensificação das operações de transporte e aumento do custo e do impacto ambiental das obras. Em ambientes minerários de grande escala, onde os volumes movimentados são significativos, essa abordagem pode resultar em estruturas pouco eficientes do ponto de vista do uso de recursos.

Nesse contexto, o uso de geossintéticos tem se consolidado como uma alternativa técnica eficiente para o reforço de pavimentos não pavimentados. As geogrelhas rígidas multidirecionais atuam promovendo o confinamento dos agregados granulares e restringindo deslocamentos laterais sob carregamentos cíclicos, aumentando a rigidez aparente da camada reforçada e melhorando a distribuição de tensões sobre o subleito. Esse mecanismo permite reduzir a espessura das camadas estruturais sem comprometer o desempenho da via.

Além dos benefícios estruturais, a adoção de soluções de reforço com geossintéticos pode contribuir para a redução do impacto ambiental associado à construção dessas estruturas. A diminuição da espessura das camadas granulares reduz a demanda por materiais de empréstimo e o volume de transporte necessário para sua execução, fatores diretamente relacionados ao consumo de combustível e à emissão de gases.

Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar quantitativamente a redução das emissões de carbono associadas à execução de um acesso viário em ambiente minerário, decorrente da utilização de geogrelhas rígidas multidirecionais no reforço da estrutura do pavimento. O estudo é baseado em um caso real de aplicação em uma mina de minério de ferro no estado de Minas Gerais, no qual se compararam duas configurações estruturais: uma solução convencional (SC), baseada no aumento da espessura granular, e uma solução reforçada com geossintéticos (SG). A análise considera os volumes de materiais empregados, as distâncias de transporte e o consumo energético associado às atividades construtivas, permitindo avaliar os ganhos ambientais decorrentes da otimização estrutural proporcionada pelo uso de geossintéticos.

2 GEOGRELHAS RÍGIDAS MULTIDIRECIONAIS NO REFORÇO DE VIAS NÃO PAVIMENTADAS

O reforço de vias não pavimentadas com geossintéticos tem sido amplamente estudado nas últimas décadas como uma alternativa eficiente para melhorar o desempenho estrutural de vias submetidas a carregamentos repetidos. Entre os diferentes tipos de geossintéticos utilizados para esse fim, as geogrelhas apresentam papel de destaque devido à sua capacidade de promover o confinamento de materiais granulares e melhorar a distribuição de tensões na estrutura do pavimento.

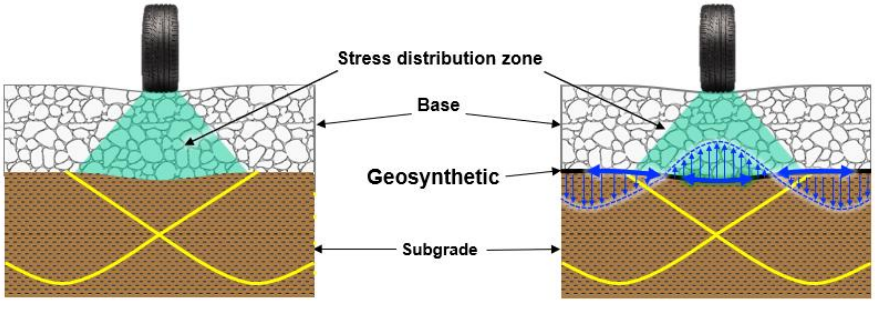


Figura 1. Comparação da distribuição de tensões em estrutura de via não pavimentada sem reforço e com reforço por geogrelha rígida multidirecional.

O principal mecanismo de atuação das geogrelhas em pavimentos granulares está associado ao intertravamento mecânico entre os agregados e as aberturas da geogrelha. Esse mecanismo limita o deslocamento lateral das partículas sob carregamento, promovendo o confinamento da camada granular e aumentando sua rigidez aparente. Como consequência, ocorre uma redução das deformações permanentes e uma melhor distribuição das tensões transmitidas ao subleito (*Giroud & Han*, 2004).

Em vias não pavimentadas construídas sobre subleitos de baixa capacidade de suporte, esse efeito de confinamento é particularmente importante. Sem reforço, o tráfego repetido provoca deslocamentos laterais nas camadas granulares, resultando em perda de suporte estrutural e formação progressiva de trilhas de roda. Com a introdução de geogrelhas, a camada granular passa a se comportar como um sistema estabilizado, no qual a mobilização de esforços proporcionados pela geogrelha contribui para limitar a deformação da estrutura.

Geogrelhas rígidas multidirecionais apresentam uma geometria de aberturas projetada para resistir a solicitações provenientes de diferentes direções de carregamento. Em acessos viários de mineração, essa característica é especialmente relevante, uma vez que as solicitações impostas pelos veículos incluem aceleração, frenagem e mudanças de direção, resultando em estados de tensão mais complexos quando comparados aos pavimentos rodoviários convencionais.

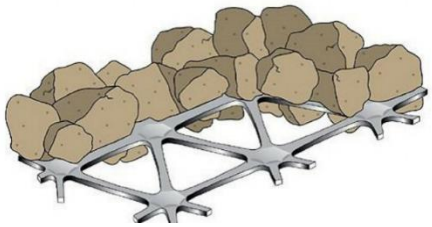


Figura 2. Esquema do mecanismo de confinamento lateral.

Além da melhoria do comportamento mecânico da estrutura, o uso de geogrelhas pode permitir a redução da espessura das camadas granulares necessárias para garantir o desempenho da via. Métodos de dimensionamento de vias não pavimentadas reforçadas com geogrelhas, como os propostos por *Giroud and Han* (2004), demonstram que o reforço pode aumentar significativamente a capacidade de suporte da estrutura, permitindo a otimização do consumo de materiais.

Essa característica torna o uso de geogrelhas particularmente interessante em ambientes minerários, onde as vias internas frequentemente demandam grandes volumes de materiais granulares e estão sujeitas a carregamentos extremamente elevados. Nesses casos, a estabilização mecânica das camadas granulares não apenas melhora o desempenho estrutural da via, mas também pode contribuir para a redução do volume de materiais empregados e, consequentemente, para a diminuição dos impactos ambientais associados à execução das obras.

No contexto do presente trabalho, a utilização de geogrelhas rígidas multidirecionais foi adotada como estratégia para melhorar a estabilidade estrutural de um acesso viário, permitindo a redução da espessura das camadas granulares e a otimização do consumo de materiais. Essa otimização estrutural constitui a base para a análise das emissões de carbono associadas à execução da obra, apresentada nas seções seguintes.

3 METOLOGIA DE ANÁLISE DE EMISSÕES DE CARBONO

A avaliação das emissões de gases de efeito estufa associadas à execução do acesso viário foi realizada por meio de uma análise comparativa entre duas configurações estruturais de pavimento: uma solução convencional baseada no aumento da espessura das camadas granulares e uma solução reforçada com geogrelhas rígidas multidirecionais. O objetivo da análise foi quantificar a diferença nas emissões de dióxido de carbono equivalente (CO_2eq) decorrente das atividades construtivas de cada alternativa.

A metodologia adotada considerou principalmente as emissões relacionadas às etapas de produção de materiais, transporte e execução da estrutura do pavimento. Essas etapas representam, em geral, a maior parcela das emissões associadas à construção de vias não pavimentadas, especialmente em ambientes minerários onde os volumes de materiais granulares empregados são elevados.

A análise foi desenvolvida com base em um trecho representativo de acesso viário com 1.000 m de extensão e 20 m de largura, correspondendo a uma área total de 20.000 m². Para cada solução estrutural foram levantados os volumes de materiais utilizados na execução das camadas granulares, bem como as distâncias médias de transporte entre as áreas de extração ou estoque de materiais e o local da obra.

As emissões de carbono foram estimadas a partir da combinação entre os volumes de materiais movimentados, as distâncias de transporte e os fatores de emissão associados ao consumo de combustível dos

equipamentos utilizados nas operações de carregamento, transporte e espalhamento dos materiais. Esses fatores de emissão foram obtidos a partir de bases de dados amplamente utilizadas em estudos de avaliação ambiental de obras de infraestrutura, considerando o consumo típico de diesel em equipamentos de terraplenagem e transporte.

Para a solução convencional foram considerados os volumes de materiais necessários para a execução das camadas estruturais com espessura total aproximada de 2,0 m, compostas por camada de rachão, sub-base granular e camada de desgaste. Já para a solução reforçada foram considerados os volumes correspondentes à estrutura otimizada com espessura total de aproximadamente 1,2 m, composta por camadas granulares estabilizadas com geogrelhas rígidas multidirecionais e geotêxtil não tecido separador.

A comparação entre as duas alternativas permitiu estimar a redução das emissões de CO_2eq associada à diminuição do volume de materiais empregados e à redução das distâncias totais de transporte necessárias para a execução da obra. Dessa forma, a análise buscou avaliar o potencial de redução de emissões decorrente da otimização estrutural proporcionada pelo uso de geossintéticos no reforço de vias não pavimentadas.

4 ESTUDO DE CASO: ACESSO VIÁRIO EM MINA DE MINÉRIO DE FERRO

O estudo de caso apresentado neste trabalho foi desenvolvido em uma mina de minério de ferro localizada no estado de Minas Gerais, Brasil, onde a operação é caracterizada por elevados volumes de produção e pela utilização de uma extensa rede de vias internas não pavimentadas, responsáveis pelo transporte de minério entre as frentes de lavra e o britador primário.

Essas vias são utilizadas por caminhões fora-de-estrada de grande porte, com peso bruto total superior a 400 toneladas, operando em regime contínuo ao longo do dia. Nessas condições, as estruturas das vias são submetidas a carregamentos repetidos de elevada magnitude, o que tende a acelerar a degradação das camadas granulares, especialmente quando associada à presença de subleitos com baixa capacidade de suporte.



Figura 3. Situação da via em períodos de precipitação.

Além das elevadas cargas aplicadas, a região apresenta forte sazonalidade climática, com períodos de chuvas intensas concentradas entre os meses de outubro e maio. Durante esses períodos, a infiltração de água nas camadas granulares e no subleito reduz a resistência ao cisalhamento dos materiais e favorece o desenvolvimento de deformações permanentes, resultando na formação de trilhas de roda e perda de estabilidade superficial da via.

Antes da adoção da solução com geossintéticos, os acessos viários eram executados segundo práticas convencionais de mineração, baseadas no emprego de camadas granulares de grande espessura constituídas por materiais disponíveis na própria mina. Uma seção típica de pavimento era composta por aproximadamente 1,0 m de fragmentos de rocha provenientes do britador primário formando a plataforma estrutural, sobre a qual eram executados cerca de 0,7 m de material denominado “itabirito” utilizado como sub-base, além de uma camada superficial de desgaste com espessura aproximada de 0,3 m constituída por agregado britado.

Embora essa configuração proporcionasse capacidade estrutural inicial adequada, a elevada espessura das camadas resultava em grande consumo de materiais e elevados volumes de transporte durante a execução

e manutenção das vias. Além disso, a estrutura apresentava suscetibilidade à deformação sob condições de umidade elevada, exigindo intervenções frequentes de manutenção para restabelecimento da trafegabilidade.

Como alternativa, foi adotada uma solução reforçada utilizando geogrelhas rígidas multidirecionais associadas a geotêxtil não tecido separador, posicionadas no interior das camadas granulares. Essa configuração permitiu promover o confinamento dos agregados e melhorar a distribuição de tensões sobre o subleito, possibilitando a redução da espessura total da estrutura do pavimento.

Na solução reforçada, a espessura total da estrutura foi reduzida para aproximadamente 1,2 m, composta por duas camadas granulares com espessura de 0,40 m cada, estabilizadas com geogrelha rígida multidirecional, além de uma camada superficial de desgaste com aproximadamente 0,40 m de espessura. Essa otimização estrutural permitiu diminuir significativamente o volume de materiais utilizados na execução da via.

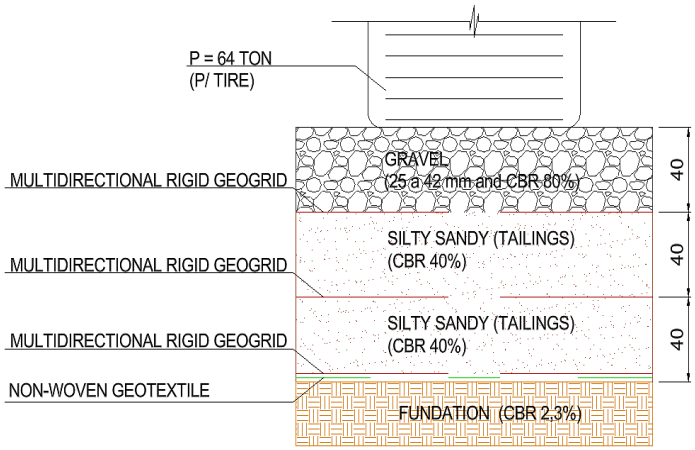


Figura 4. Seção típica da estrutura da via não pavimentada reforçada com geogrelhas rígidas multidirecionais.

A implantação da solução reforçada foi realizada utilizando os mesmos equipamentos normalmente empregados nas atividades de terraplenagem da mina, incluindo caminhões de transporte, tratores de esteiras e motoniveladoras. A instalação das geogrelhas e das camadas granulares ocorreu de forma rápida, atingindo produtividades superiores a 2.000 m² por dia, sem necessidade de equipamentos especializados e sem interferir nas atividades operacionais da mina.



Figura 5. Instalação do geotêxtil.



Figura 6. Instalação da geogrelha.



Figura 7. Geogrelha posicionada sobre a superfície.

A partir dessa nova configuração estrutural foi possível reduzir o volume de materiais empregados na execução da via, o que constitui a base para a análise comparativa das emissões de carbono associadas às duas soluções, apresentada na seção seguinte.

5 RESULTADOS

A adoção da solução reforçada com geogrelhas rígidas multidirecionais resultou em uma redução significativa do volume de materiais necessários para a execução do acesso viário analisado.

Para o trecho considerado, com 1.000 m de extensão e 20 m de largura, a solução convencional demandaria aproximadamente 20.000 m³ de fragmentos de rocha para a formação da plataforma estrutural, além de cerca de 14.000 m³ de material itabirítico utilizado como sub-base e 6.000 m³ de agregado destinado à camada superficial de desgaste.

Com a adoção da solução reforçada, a estrutura passou a demandar aproximadamente 16.000 m³ de material itabirito e 8.000 m³ de agregado para a camada superficial, além da incorporação de aproximadamente 20.000 m² de geogrelha rígida multidirecional e 20.000 m² de geotêxtil não tecido com função de separação.

A redução da espessura estrutural permitiu eliminar a necessidade da camada inferior de fragmentos de rocha e diminuir significativamente o volume total de materiais transportados e espalhados durante a execução da via. Essa otimização estrutural resultou em menor demanda por extração de agregados, menor número de viagens de transporte e redução do tempo de operação dos equipamentos de terraplenagem.

Com base nos volumes de materiais, distâncias médias de transporte e fatores de emissão associados ao consumo de diesel dos equipamentos utilizados, foi realizada uma estimativa comparativa das emissões de dióxido de carbono equivalente (CO_2eq) associadas à execução das duas alternativas construtivas.

Os resultados indicaram que a solução convencional apresentaria emissões totais da ordem de 1.288,8 tCO_2eq para o trecho analisado, enquanto a solução reforçada apresentou emissões estimadas de aproximadamente 925,6 tCO_2eq. Dessa forma, a adoção de geogrelhas rígidas multidirecionais possibilitou uma redução aproximada de 363,3 tCO_2eq, correspondente a uma diminuição de cerca de 28,2% nas emissões associadas à execução da obra.

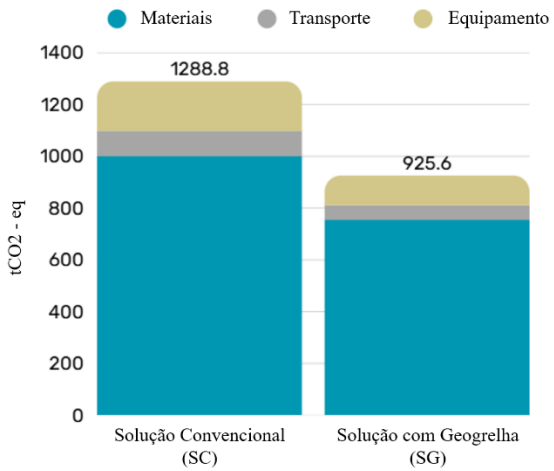


Figura 8. Emissões totais de CO_2 equivalente estimadas para as soluções convencional (SC) e reforçada com geogrelha (SG).

A maior parcela dessa redução está relacionada à diminuição do volume de materiais granulares movimentados e à consequente redução do consumo de combustível nas operações de transporte e espalhamento. Considerando a grande escala das operações minerárias, nas quais extensas redes de acessos viários são constantemente construídas e mantidas, esse tipo de otimização estrutural pode representar ganhos ambientais relevantes quando aplicado de forma sistemática.

Os resultados obtidos demonstram que o uso de geogrelhas rígidas multidirecionais, além de contribuir para o desempenho estrutural de vias não pavimentadas, pode também representar uma estratégia eficiente para reduzir o impacto ambiental associado à execução de obras de infraestrutura em ambientes minerários.

6 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste estudo indicam que a utilização de geogrelhas rígidas multidirecionais em vias não pavimentadas pode representar uma alternativa tecnicamente eficiente para melhorar o desempenho estrutural dessas infraestruturas e, simultaneamente, otimizar o uso de materiais na sua execução.

Do ponto de vista geotécnico, a principal contribuição do reforço com geogrelhas está associada ao aumento do confinamento das partículas granulares e à restrição dos deslocamentos laterais sob carregamentos

repetidos. Esse mecanismo promove um comportamento mais estável da camada reforçada, reduzindo a tendência à formação de deformações permanentes e permitindo uma distribuição mais uniforme das tensões transmitidas ao subleito.



(a)



(b)

Figura 9. Vista geral da área da mina e do sistema de vias não pavimentadas utilizado para o transporte de minério.

Em vias não pavimentadas construídas sobre subleitos de baixa capacidade de suporte, como frequentemente ocorre em ambientes minerários, a perda de confinamento das camadas granulares é um dos principais fatores responsáveis pela degradação da estrutura. Sob tráfego intenso, os agregados tendem a se deslocar lateralmente, provocando a formação de trilhas de roda e a progressiva perda de capacidade estrutural da via. A presença da geogrelha atua limitando esse processo, estabilizando o conjunto granular e aumentando a rigidez da camada.

Esse comportamento permite que a estrutura do pavimento seja dimensionada com menor espessura total de materiais granulares, sem comprometer a capacidade de suporte da via. No caso analisado, a introdução do reforço possibilitou a redução significativa da espessura estrutural e do volume total de materiais empregados, mantendo condições adequadas de trafegabilidade sob carregamentos elevados.

Outro aspecto relevante diz respeito às implicações ambientais decorrentes dessa otimização estrutural. A redução do volume de materiais utilizados na construção da via implica menor demanda por extração, processamento e transporte de agregados, atividades que normalmente representam parcela significativa das emissões de gases de efeito estufa em obras de infraestrutura. Dessa forma, a melhoria do desempenho mecânico da estrutura proporcionada pelos geossintéticos acaba refletindo também em ganhos ambientais associados à redução da intensidade de uso de recursos.

É importante destacar, contudo, que o desempenho de estruturas reforçadas com geogrelhas depende de uma adequada seleção dos materiais granulares e do correto posicionamento do reforço dentro da estrutura do pavimento. Além disso, aspectos como drenagem superficial e controle da infiltração de água continuam sendo fundamentais para o bom desempenho de vias não pavimentadas, especialmente em regiões sujeitas a regimes pluviométricos intensos.

Assim, os resultados obtidos neste estudo reforçam a importância da utilização de soluções de estabilização mecânica no projeto de vias não pavimentadas em ambientes minerários. A combinação entre melhoria do comportamento geotécnico da estrutura e redução do consumo de materiais evidencia o potencial do uso de geossintéticos como ferramenta para promover soluções mais eficientes e sustentáveis na engenharia geotécnica aplicada.

7 CONCLUSÕES

O presente trabalho avaliou o potencial de redução de emissões de carbono associado à utilização de geogrelhas rígidas multidirecionais no reforço de vias não pavimentadas em ambiente minerário. A análise foi realizada a partir da comparação entre uma estrutura convencional de pavimento granular e uma solução reforçada com geossintéticos aplicada em um acesso viário de mina de minério de ferro.

Os resultados demonstraram que a adoção da solução reforçada permitiu reduzir a espessura total da estrutura do pavimento de aproximadamente 2,0 m para 1,2 m, eliminando a necessidade da camada inferior

de fragmentos de rocha e reduzindo significativamente o volume total de materiais empregados na execução da via.

Considerando um trecho representativo de 1.000 m de extensão e 20 m de largura, a solução convencional demandaria cerca de 20.000 m³ de fragmentos de rocha, 14.000 m³ de material itabirítico e 6.000 m³ de agregado superficial, enquanto a solução reforçada utilizou aproximadamente 16.000 m³ de material itabirítico e 8.000 m³ de agregado, além da incorporação de geossintéticos.

Como consequência da redução do volume de materiais e das operações de transporte associadas, as emissões totais estimadas para a execução do trecho analisado foram reduzidas de aproximadamente 1.288,8 tCO_2eq para 925,6 tCO_2eq, correspondendo a uma redução de 363,3 tCO_2eq, ou cerca de 28,2% das emissões associadas à execução da obra.

Os resultados indicam que o uso de geogrelhas rígidas multidirecionais no reforço de vias não pavimentadas pode contribuir simultaneamente para a melhoria do desempenho estrutural dessas infraestruturas e para a redução do impacto ambiental associado à sua construção. Dessa forma, a estabilização mecânica com geossintéticos se apresenta como uma alternativa eficiente para promover soluções mais sustentáveis na execução de acessos viários em operações de mineração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMARCO – Cámara Argentina de la Construcción; INTI – Instituto Nacional de Tecnología Industrial; HINS (2024). *Calculadora de Huella de Carbono en Obras*. Buenos Aires, Argentina.

Giroud, J. P. and Han, J. (2004). Design Method for Geogrid-Reinforced Unpaved Roads". Part I. Development of Design Method. Technical Paper ASCE.

Giroud, J. P. and Han, J. (2004). Design Method for Geogrid-Reinforced Unpaved Roads". Part II. Development of Design Method. Technical Paper ASCE.

Lima, G. D. Et al. (2025). Geogrelha Rígida Multidirecional Aplicada em Acesso Viário de Mina: Desempenho Estrutural sob Tráfego Pesado. Geotecnia aplicada a Mineração, Geomin, Ouro Preto, Brasil.

Mary Adolf, P.E. (2010). Pavement - Transportation Computer Assisted Structural Engineering - PCASE2.09. User Manual. US Army Corps of Engineers.

Oliveira, E. P. V. et. Al. (2024). Performance analysis of the application of multidirectional rigid geogrids for haul road truck access. 5th Pan American Conference on Geosynthetics, GEOAMERICAS, Toronto, Brazil.

Stucki1 M., Büsser1 S., Itten1 R., Frischknecht1 R., Wallbaum H. (2011) Comparative Life Cycle Assessment of Geosynthetics versus Conventional Construction Materials, European Association for Geosynthetics Manufacturers, EAGM Steering Group, 1-106, Uster, Germany.

Touze N. (2022) The role of geosynthetics in sustainable development and the circular economy, 32 Convegno Nazionale Geosintetici, 1-17, Bologna, Italy.

Yoshida, M. C.et. al. (2020). Base reinforcement for haul roads through the addition of polyethylene multidirectional rigid geogrids, for a mine in Minas Gerais, Brazil. 4th Pan American Conference on Geosynthetics, GEOAMERICAS, Rio de Janeiro, Brazil.