



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
ESCOLA DE MINAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS



**BENEFÍCIOS DA IMPLANTAÇÃO DA GESTÃO DE FADIGA NOS INDICADORES  
DE SEGURANÇA DA OPERAÇÃO DE MINA**

GABRIELA GÓIS CAMPEDELLI ANTUNES

Ouro Preto, 2024

GABRIELA GÓIS CAMPEDELLI ANTUNES

Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP, MG), como requisito para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Minas.

Orientador: Prof. Felipe Ribeiro Souza

Ouro Preto, 2024

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

A636b Antunes, Gabriela Góis Campedelli.  
Benefícios da implantação da gestão de fadiga nos indicadores de  
segurança da operação de mina. [manuscrito] / Gabriela Góis Campedelli  
Antunes. - 2024.  
37 f.

Orientador: Prof. Dr. Felipe Ribeiro Souza.  
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola  
de Minas. Graduação em Engenharia de Minas .

1. Mineração a céu aberto. 2. Segurança operacional. 3. Fadiga. I.  
Souza, Felipe Ribeiro. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 622.271:331.47

Bibliotecário(a) Responsável: Sione Galvão Rodrigues - CRB6 / 2526



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Gabriela Góis Campedelli Antunes**

**Benefícios da implantação da gestão de fadiga nos indicadores de segurança da operação de mina**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Minas

Aprovada em 02 de Maio de 2024

### Membros da banca

Dr. Felipe Ribeiro Souza- Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto  
Dr. Hernani Mota de Lima - Universidade Federal de Ouro Preto  
Eng. Luiz Felipe Mattozinhos de Faria - Universidade Federal de Ouro Preto

Daniel Silva Jaques, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 06/05/2024



Documento assinado eletronicamente por **Felipe Ribeiro Souza, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 04/07/2024, às 10:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0707731** e o código CRC **E97FD72D**.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Vânia e Renê, por não medirem esforços para transformar meus sonhos em realidade.

À minha irmã Isabela, por ser minha companhia e conselheira de vida. À minha família, pelo apoio incondicional durante esses anos.

Aos meus amigos de Itabirito e Ouro Preto pela parceria e por sempre torcerem pelas minhas vitórias.

Aos professores da Universidade Federal de Ouro Preto pelos ensinamentos compartilhados.

Ao meu Orientador, Professor Felipe Ribeiro, pelo auxílio, paciência e incentivo necessário para realização deste trabalho.

À Gerdau e às equipes de Operação e Infraestrutura das minas de Várzea do Lopes, Várzea Leste Norte e Miguel Burnier, pela oportunidade e crescimento profissional. Em especial ao Guilherme Siqueira, primeiro a acreditar no meu potencial e apoiador do meu trabalho. Ao Sócrates, por todo suporte e assistência durante este e outros desafios.

A República Bem-me-Quer, por se tornar minha segunda família.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que de alguma forma fizeram parte da minha jornada e contribuíram para que esta conquista fosse alcançada.

## RESUMO

Esta pesquisa destaca a complexidade da operação contínua em minas a céu aberto, demandando turnos que aumentam o risco de fadiga entre os operadores. A fadiga, sendo um perigo significativo, pode comprometer a segurança e a eficiência operacional. Sistemas antifadiga, como o Sistema Atento, são implementados para mitigar esse risco. O objetivo central do TCC é avaliar a efetividade do Sistema Atento na operação de mina, evidenciando benefícios como a redução das ocorrências de fadiga. Os resultados revelam não apenas a eficácia na diminuição da fadiga (44%), mas também impactos positivos como o aumento do diálogo sobre segurança, a redução do tempo de parada da mina (13 dias) e a agilidade nas tratativas com os colaboradores. Esses benefícios não só contribuem para um ambiente mais seguro, mas também reduzem os riscos de acidentes, promovendo a saúde e o bem-estar dos funcionários. A análise destaca, assim, a importância do Sistema Atento como uma solução integral para otimizar a segurança e a eficiência na operação de mina, resultando em melhorias substanciais na qualidade de vida no trabalho.

Palavras chave: Operação de mina; controle de fadiga, segurança operacional;

## **ABSTRACT**

This research emphasizes the complexity of continuous operations in open-pit mines, necessitating shifts that increase the risk of fatigue among operators. Fatigue, as a significant danger, can compromise both safety and operational efficiency. Anti-fatigue systems, such as the Atento System, are implemented to mitigate this risk. The central objective of the undergraduate thesis (TCC) is to assess the effectiveness of the Atento System in mine operations, highlighting benefits such as the reduction of fatigue occurrences. The results not only demonstrate effectiveness in reducing fatigue (44%) but also showcase positive impacts such as increased safety dialogue, decreased mine downtime (13 days), and expedited communication with collaborators. These benefits not only contribute to a safer environment but also mitigate accident risks, promoting the health and well-being of employees. The analysis underscores the significance of the Atento System as a comprehensive solution to optimize safety and efficiency in mine operations, resulting in substantial improvements in quality of work life.

**Keywords:** Mine operation; fatigue control, operational safety.

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – RELATÓRIO INTEGRAÇÃO ATENTO X VELTEC COM FOCO NO RESULTADO INDIVIDUAL .....	27
GRÁFICO 2: TOTAL DE OCORRÊNCIAS DE FADIGA NOS MESES DE MAIO A SETEMBRO DE 2021 E 2022 .....	28
GRÁFICO 3: COMPARATIVO ENTRE OS ANOS DE 2021 E 2022 POR MÊS ESTUDADO .....	29
GRÁFICO 4: TOTAL DE RECUSA A TAREFA NOS MESES DE MAIO A SETEMBRO DE 2021 E 2022.....	30
GRÁFICO 5: CONTAGEM DE HORAS DO SISTEMA VELTEC INATIVO .....	32
GRÁFICO 6: RESULTADOS OBTIDOS NOS TESTES DE MAIO A NOVEMBRO DE 2021 .....	33
GRÁFICO 7 – RESULTADOS OBTIDOS NOS TESTES DE MAIO A NOVEMBRO DE 2022 .....	33



## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: DIVISÃO DOS TURNOS .....	14
------------------------------------	----

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – FUNCIONAMENTO DO OPTALERT. FONTE: OPTALERT .....	10
FIGURA 2 – FUNCIONAMENTO DO SENSOR VELTEC. FONTE: VELTEC.....	11
FIGURA 3 – INTERFACE DO APLICATIVO ATENTO. FONTE: ATENTO.....	12
FIGURA 4 – PAINEL DISPONÍVEL NO SITE DO ATENTO. FONTE: ATENTO.....	13
FIGURA 5 – GERENCIAMENTO DE SEGURANÇA. FONTE: EMPRESA.....	15
FIGURA 6 – CULTURA DE SEGURANÇA E GESTÃO DE COMPORTAMENTO FONTE: EMPRESA .....	18
FIGURA 7 – LINHA DO TEMPO DA METODOLOGIA APLICADA AO ESTUDO. FONTE: AUTORA.....	20
FIGURA 8 – ETAPAS DA REALIZAÇÃO DO TESTE DEFINIDAS PELA EMPRESA. FONTE: EMPRESA .....	22
FIGURA 9 – FLUXOGRAMA DO ATENTO NA ROTINA. FONTE: EMPRESA .....	23
FIGURA 10 – FLUXOGRAMA DE AÇÕES DURANTE A MANUTENÇÃO DO VELTEC. FONTE: EMPRESA.....	24
FIGURA 11 – SALA DE ESTIMULAÇÃO. FONTE: EMPRESA.....	25
FIGURA 12: RANKING TOP 10 DO SISTEMA ATENTO. FONTE: ATENTO.....	31

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Informações iniciais.....	1
1.2. Objetivo .....	2
1.3. Objetivos Específicos .....	2
2. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Lavra a céu aberto.....	3
2.2 Operação de mina a céu aberto.....	3
2.3 Equipamentos utilizados na operação de mina a céu aberto .....	4
2.4. Fadiga na operação de mina .....	5
2.5. Tecnologias de controle de fadiga em motoristas .....	6
2.6 Características da operação de mina avaliada e gerenciamento de segurança da empresa.....	13
3. METODOLOGIA.....	20
3.1. Definições do aplicativo, cadastro e treinamento da equipe no Sistema Atento ....	20
3.2. Construção e implementação do fluxograma do uso do Sistema Atento na rotina	23
3.3. Construção e implementação do fluxograma do uso do Sistema Atento no caso de manutenção do Sensor Veltec .....	24
3.4. Construção da Sala de Estimulação.....	25
3.5. Realização do treinamento de segurança para os colaboradores.....	26
3.6. Construção do dashboard compartilhado .....	26
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	28
4.1. Redução das ocorrências de fadiga registradas pelo sistema Veltec .....	28
4.2. Aumento do registro de PSIFs do tipo Recusa a Tarefa.....	29
4.3. Classificação dos operadores de acordo com os resultados obtidos nos testes como forma de tomada de decisões e tratativas necessárias .....	30
4.4. Redução nas horas de operação paralisadas por manutenção do sistema Veltec ...	32

4.5. Acompanhamento da aderência na realização dos testes e as classificações encontradas .....	32
5. CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS.....	37

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Informações iniciais

A mineração é uma atividade crucial que desempenha um papel significativo na extração de recursos minerais essenciais para várias indústrias. Como destacado por Hartman e Mutmansky (2002), a engenharia de minas abrange uma variedade de aspectos, desde a avaliação de depósitos minerais até a implementação de práticas sustentáveis.

O ritmo de trabalho em uma mina pode variar dependendo de vários fatores, incluindo o método de extração, a tecnologia utilizada, a localização geográfica, o tamanho da operação e as políticas específicas da empresa. Na operação de máquinas, o cansaço físico e mental do operador é uma preocupação significativa, uma vez que os trabalhadores frequentemente operam equipamentos pesados e complexos.

A fadiga no contexto ocupacional refere-se a um estado de cansaço físico e/ou mental resultante de atividade prolongada, excessiva ou repetitiva. Ela pode ser causada por diversos fatores, como falta de sono adequado, longas jornadas de trabalho, esforço físico intenso, monotonia, estresse emocional e condições de trabalho desfavoráveis. Os malefícios da fadiga no trabalho são diversos e podem afetar tanto o desempenho individual quanto a segurança e a saúde dos trabalhadores.

A implementação de estratégias eficazes de gestão de fadiga para gerenciar os riscos relacionados a ela é essencial na operação de máquinas. Isso pode incluir a adoção de horários de trabalho mais flexíveis, a implementação de programas de pausas regulares e o uso de tecnologias de monitoramento. O monitoramento tecnológico refere-se ao uso de diversas tecnologias para avaliar e prevenir a fadiga ocupacional em ambientes de trabalho. Essas tecnologias podem incluir sensores biométricos, dispositivos vestíveis e testes de aptidão.

Neste trabalho abordaremos a adição da ferramenta antifadiga Sistema Atento em paralelo ao sistema já utilizado, o Veltec, na operação de mina para identificar os benefícios do seu uso e sua influência nos indicadores de segurança dos trabalhadores.

O Veltec conta com sensores biométricos alocados na cabine dos equipamentos para reconhecer e analisar o comportamento do condutor, como o movimento corporal, ritmo de piscadas e até mesmo distrações como o uso de celulares e cigarros. O Sistema Atento propõe a realização de testes de reação e um questionário customizado com perguntas relacionadas a eventos geralmente associados a fadiga.

A implantação do Sistema Atento em conjunto com o uso do sistema Veltec na operação de mina se mostrou eficaz na mitigação dos riscos relacionados a fadiga dos operadores responsáveis pela operação dos equipamentos de mina. Outro ponto notável foi a contribuição do seu uso para o reforço cultural a respeito de segurança e saúde na empresa por parte dos profissionais da linha de frente da atividade.

## 1.2. Objetivo

Este trabalho tem como objetivo melhorar os indicadores de desempenho e segurança da operação de mina a partir do monitoramento dos níveis de fadiga dos operadores através da adição do uso do Sistema de detecção de fadiga Atento na rotina, em conjunto com o Sensor Veltec. Além disso, serão consideradas as práticas de segurança e saúde na operação de mina.

## 1.3. Objetivos Específicos

- a) Reduzir as ocorrências de fadiga registradas pelo sistema Veltec;
- b) Aumentar o registro de PSIFs (*Potencial Serious Injuries Fatalities*) do tipo Recusa a Tarefa;
- c) Utilizar o resultado dos testes dos operadores disponibilizada pelo sistema como forma de tomada de decisões e tratativas necessárias;
- d) Reduzir as horas de operação paralisadas por manutenção do sistema Veltec;
- e) Alcançar boa aderência na realização dos testes e as classificações encontradas.

## 2. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Lavra a céu aberto

A mineração a céu aberto é uma prática fundamental na indústria, onde a lavra desempenha um papel crucial na extração de minerais. Segundo Curi (2017, p.72), a lavra a céu aberta ocorre quando o material a ser lavrado pode ser acessado facilmente no solo, sem necessidade de abertura de vias subterrâneas. Dessa forma, a extração é realizada através de maquinário dimensionado especialmente para a mina, levando em conta sua dimensão, tipo de material e forma de ocorrência.

Neste sentido, Curi (2017, p.73) aponta que:

Em princípio, a classificação dos métodos provém da opção escolhida para se processar a lavra, ou seja, a céu aberto ou subterrânea. Para tal definição, leva-se em conta a situação dos operadores, e não a da jazida. A lavra é considerada a céu aberto se não há necessidade de acesso humano ao meio subterrâneo para realizá-la. A ocorrência de certas operações subterrâneas, tais como o transporte por poços de extração, não descaracteriza uma lavra a céu aberto, da mesma forma que uma lavra subterrânea sempre envolve vários serviços auxiliares executados a céu aberto.

O trecho em questão aborda a classificação dos métodos de lavra, destacando a distinção entre céu aberto e subterrâneo com base na opção escolhida para realizar o processo. Nota-se que a análise dessa classificação leva em consideração a situação dos operadores, em oposição à localização da jazida. Essa distinção é fundamental para compreender a natureza da lavra, se é realizada sem a necessidade de acesso humano ao meio subterrâneo ou se envolve operações subterrâneas específicas.

### 2.2 Operação de mina a céu aberto

A operação de mina, por sua vez, constitui uma etapa crítica no ciclo de produção. A gestão operacional desempenha um papel vital na otimização de recursos, influenciando diretamente nos indicadores de segurança e eficiência. Este aspecto destaca a importância de práticas eficientes na gestão da operação de mina (CURI, 2017, n.p.).

No que diz respeito aos equipamentos móveis, sua presença é indispensável para a flexibilidade e produtividade das operações a céu aberto. Explorar os diferentes tipos de equipamentos móveis, suas funções específicas e o impacto na eficiência operacional oferece uma visão aprofundada. Além disso, a discussão sobre tecnologias emergentes e inovações

destaca a constante evolução desses equipamentos na indústria. O ambiente de trabalho profissional em operações de mineração a céu aberto é caracterizado por diversos fatores. Estes incluem condições ambientais desafiadoras, demandas físicas e riscos associados à operação de equipamentos pesados. Estratégias para promover a segurança e o bem-estar dos profissionais desempenham um papel vital. Examinar exemplos práticos de melhorias implementadas nesse ambiente proporciona uma compreensão mais profunda das práticas que visam o cuidado com os trabalhadores (GUEDES, 2022, p.22).

### 2.3 Equipamentos utilizados na operação de mina a céu aberto

Na prática da mineração a céu aberto, a escolha e utilização de equipamentos desempenham um papel central na eficiência e produtividade das operações. Dentre os principais equipamentos destacam-se os caminhões 8x4 e as escavadeiras, peças-chave na execução das atividades de lavra.

Os caminhões 8x4 são elementos fundamentais no transporte de materiais brutos extraídos durante a lavra. Com uma capacidade de carga robusta e uma configuração de doze rodas, esses caminhões são projetados para suportar grandes volumes de minérios ou estéril de forma eficiente. Sua presença é crucial na movimentação de grandes quantidades de material a distâncias consideráveis, contribuindo para a logística operacional e minimizando o tempo ocioso.

As escavadeiras, por sua vez, desempenham um papel central na remoção do solo superficial e na extração do minério. Equipadas com uma grande pá ou caçamba frontal, essas máquinas são capazes de realizar escavações profundas, garantindo a eficácia na coleta do material desejado. A versatilidade das escavadeiras é notável, permitindo sua adaptação a diferentes condições geológicas e tipos de minérios.

A interação entre caminhões 8x4 e escavadeiras é sinérgica. Enquanto as escavadeiras realizam a escavação e a carga do material, os caminhões 8x4 são responsáveis por transportar esses materiais para áreas designadas, seja para o processamento ou descarte. Essa colaboração eficiente entre os dois tipos de equipamentos é essencial para otimizar o fluxo de trabalho na operação de mineração a céu aberto.

Além disso, é importante destacar que a tecnologia aplicada a esses equipamentos está em constante evolução. Inovações, como sistemas de automação e telemetria, têm sido implementadas para aumentar a segurança, a precisão e a eficiência operacional. A integração



dessas tecnologias contribui para a modernização e melhoria contínua das práticas de mineração a céu aberto.

#### 2.4. Fadiga na operação de mina

A fadiga na operação de mina é uma preocupação técnica complexa que transcende a esfera física, abrangendo aspectos cognitivos e psicossociais dos trabalhadores. Do ponto de vista médico, a fadiga é definida como uma condição multifatorial caracterizada pela diminuição da capacidade funcional, concentração e desempenho devido à exaustão física ou mental. Em ambientes de mineração, onde operadores de equipamentos pesados e trabalhadores estão sujeitos a jornadas prolongadas e condições desafiadoras, a fadiga emerge como uma consideração crítica (MAGNO, 2022).

Magno (2022), ainda ressalta que os:

(...) É considerado trabalhador da mineração, todos os envolvidos nas atividades de pesquisa, lavra, mina, beneficiamento, armazenamento de estêreis e rejeitos, transporte e comercialização dos minérios. Devido as condições de trabalho únicas as quais estão sujeitos esses profissionais, no Brasil existe uma regulamentação específica para essa classe de trabalhadores, a Norma Regulamentadora - NR 22. A norma exige que todas as minas, ou atividades destinadas a mineração, sejam supervisionadas por técnicos especializados em segurança no trabalho, que devem estar legalmente habilitados. As empresas devem se preocupar com a segurança de seus funcionários, e assim, implementar programas voltados a saúde e segurança do trabalhador, tendo como objetivo disciplinar a organização e o ambiente de trabalho, de forma a tornar compatível com o planejamento e o desenvolvimento da atividade mineira.

A literatura médica destaca que a privação de sono é um dos principais catalisadores da fadiga. A falta de descanso adequado interfere nos ciclos circadianos, afetando negativamente a qualidade do sono e, conseqüentemente, a capacidade do trabalhador de se recuperar efetivamente. Além disso, a exposição a ambientes de trabalho ruidosos, vibrações constantes e movimentos repetitivos associados à operação de equipamentos pesados pode contribuir para a fadiga muscular e mental (ALVES, 2013).

No contexto específico da mineração, a fadiga é apontada como um fator significativo nos acidentes laborais. Estudos epidemiológicos indicam uma correlação direta entre níveis elevados de fadiga e a ocorrência de incidentes. Uma análise aprofundada revela que uma porcentagem substancial de acidentes na indústria de mineração está relacionada à fadiga, evidenciando a necessidade crítica de abordagens preventivas. Neste sentido Alves (2013), salienta que:

O trabalho é um elemento que dependendo da sua ergonomia pode deliberar um processo saúde-doença, podendo afetar a vida total do trabalhador dependendo dos problemas de saúde que podem desenvolver visto que o trabalho determina um desgaste físico, emocional no homem. Este desgaste expressa-se sob diferentes

problemas que podem tornam-se crônicos como o sofrimento psíquico, o estresse, as doenças psicossomáticas, etc. Os profissionais que possuem uma árdua natureza de trabalho podem desenvolver doenças crônicas como o estresse, depressão, síndrome de *Burnout*; entres outras doenças.

A fadiga afeta a atenção, a concentração e o tempo de reação dos operadores de equipamentos de mineração. Desvios dessas capacidades fundamentais aumentam a probabilidade de erros humanos, o que, em um contexto de mineração, pode resultar em acidentes graves. Considerando a natureza intrinsecamente perigosa das atividades de mineração, a gestão eficaz da fadiga torna-se imperativa.

Estratégias preventivas incluem a implementação de políticas de gerenciamento de fadiga, revisão de escalas de trabalho para evitar jornadas excessivas, e o fomento de uma cultura organizacional que valorize o descanso adequado. Além disso, a adoção de tecnologias avançadas, como sistemas de monitoramento da fadiga baseados em biometria e algoritmos preditivos, representa uma abordagem inovadora para identificar sinais precoces de fadiga e intervir proativamente (MAGNO, 2022).

A fadiga na operação de mina transcende o domínio do cansaço físico, envolvendo complexidades médicas e comportamentais. A compreensão das definições médicas, associada à análise das estatísticas relacionadas a acidentes, ressalta a necessidade urgente de estratégias abrangentes de gerenciamento de fadiga na indústria de mineração. O investimento em abordagens preventivas não apenas protege a segurança dos trabalhadores, mas também contribui para a eficiência operacional e sustentabilidade a longo prazo das operações de mineração (MAGNO, 2022).

## 2.5. Tecnologias de controle de fadiga em motoristas

O cenário industrial moderno tem testemunhado uma crescente adoção de tecnologias inovadoras para enfrentar desafios complexos, e a detecção de fadiga emerge como uma área crítica para aprimorar a segurança e a eficiência, especialmente em setores como a mineração. Várias tecnologias têm sido desenvolvidas para monitorar e mitigar os efeitos da fadiga nos trabalhadores, proporcionando uma abordagem proativa para reduzir riscos ocupacionais.

As chamadas tecnologias emergentes de detecção de fadiga, são as seguintes: 1. Sensores Biométricos, que são dispositivos vestíveis, como *smartwatches*, que incorporam sensores biométricos capazes de monitorar constantemente indicadores vitais, como frequência cardíaca e variabilidade da frequência cardíaca. Esses dados são então analisados por

algoritmos avançados para identificar padrões que indicam fadiga; 2. Câmeras e Visão computacional, como Sistemas baseados em câmeras que utilizam visão computacional para observar o comportamento facial e movimentos oculares dos trabalhadores. Mudanças sutis nas expressões faciais, piscadas frequentes ou movimentos de cabeça não usuais podem indicar fadiga, desencadeando alertas automáticos (DINGUS et al., 2014).

Outras duas tecnologias, são: 3. Sensores de Movimento e Posicionamento em ambientes industriais, como mineração, sensores integrados em equipamentos e uniformes podem rastrear os padrões de movimento dos trabalhadores. A detecção de movimentos inconsistentes ou desvios do padrão esperado pode sinalizar a presença de fadiga; 4. Monitoramento de Atividade Cerebral, a partir de algumas tecnologias que exploram a monitorização da atividade cerebral por meio de eletroencefalogramas (EEGs) portáteis. Alterações nos padrões de ondas cerebrais podem indicar níveis elevados de fadiga mental (DINGUS et al., 2014).

Dentre as limitações intrínsecas, destacam-se: 1. Variabilidade Individual, a saber: as respostas biológicas à fadiga variam entre os indivíduos, tornando desafiador estabelecer algoritmos universalmente aplicáveis. A personalização das configurações é, portanto, crucial, mas isso pode aumentar a complexidade dos sistemas. 2. Condições Ambientais como: ambientes industriais, especialmente na mineração, frequentemente apresentam condições desafiadoras, como poeira, vibrações e ruídos intensos, que podem interferir na precisão dos sensores. 3. Aspectos Éticos e de Privacidade, a saber: a coleta constante de dados biométricos gera preocupações éticas e de privacidade. As organizações precisam garantir que os trabalhadores se sintam confortáveis com o monitoramento constante e que os dados sejam tratados de maneira ética e segura (MABBOT et al. 2015).

Referente às aplicações práticas, destacam-se: 1. Prevenção de Acidentes: nela a detecção precoce da fadiga permite intervenções imediatas, reduzindo o risco de acidentes causados por reações lentas ou falta de atenção. 2. Otimização do Escalonamento de Turnos: A análise contínua dos padrões de fadiga pode informar estratégias de escalonamento mais eficientes, evitando jornadas excessivas que contribuam para a exaustão dos trabalhadores. 3. Treinamento Personalizado: Os dados coletados podem ser utilizados para desenvolver programas de treinamento personalizados, visando fortalecer áreas específicas afetadas pela fadiga (MABBOT et al. 2015).

Deste modo, as tecnologias de detecção de fadiga oferecem uma abordagem promissora para enfrentar os desafios relacionados à segurança e eficiência na indústria, incluindo a

mineração. No entanto, é crucial reconhecer as limitações inerentes e abordar questões éticas para garantir uma implementação eficaz e aceitação por parte dos trabalhadores. O equilíbrio entre inovação tecnológica, considerações humanas e melhores práticas de segurança é fundamental para maximizar os benefícios dessas ferramentas na gestão da fadiga industrial (DINGUS et al., 2014).

Segundo Zhou (2020), o sistema de detecção de fadiga em tempo real baseado no fechamento dos olhos do motorista pode ser considerada uma abordagem inovadora para a segurança de motorista em lavras. O sistema avançado de detecção de fadiga em tempo real é fundamentado na análise do fechamento dos olhos do motorista. Algoritmos de visão computacional são aplicados para analisar padrões de movimento dos olhos, identificando eventos de fechamento prolongado que indicam fadiga. A metodologia combina técnicas de rastreamento ocular, processamento de imagens e aprendizado de máquina para aumentar a precisão da detecção (ZHOU, 2020).

A fadiga do motorista é uma preocupação crítica no contexto da segurança viária, contribuindo significativamente para acidentes e incidentes. Este artigo apresenta uma abordagem avançada baseada na análise do fechamento dos olhos como um indicador confiável de fadiga em tempo real. A pesquisa tem como base o artigo publicado no "Jornal de Sistemas de Transporte Inteligentes" (BELLET, 2018)

Para Bellet (2018), os resultados obtidos demonstram a eficácia do sistema na detecção precisa de eventos de fechamento dos olhos relacionados à fadiga. Os testes realizados em condições simuladas e em situações reais de direção revelaram uma taxa de detecção significativa, proporcionando uma base sólida para a aplicação prática do sistema. A taxa de falsos positivos foi mantida em níveis aceitáveis, ressaltando a robustez do algoritmo em distinguir efetivamente eventos de fechamento dos olhos causados por fadiga.

A abordagem proposta pelo autor, destaca-se pela capacidade de monitorar continuamente o estado do motorista em tempo real, proporcionando uma resposta imediata aos sinais de fadiga. A aplicação prática desse sistema pode ser estendida a frotas de veículos comerciais, transporte público e veículos autônomos, contribuindo significativamente para a redução de acidentes relacionados à fadiga do motorista (ZHOU, 2020).

A implementação de sistemas antifadiga na indústria representa uma resposta crucial à crescente preocupação com a segurança em ambientes de trabalho que demandam atenção constante e vigilância, como no setor de transporte e mineração. A pesquisa nesse campo destaca a complexidade na escolha do sistema ideal, ressaltando a importância de considerar a

aplicabilidade em contextos específicos de trabalho (PORTO, N.D.). Dentre os sistemas destacados nesse cenário, o Sistema Atento, o Sistema de Telemetria Veltec e o Sistema Optalert emergem como tecnologias promissoras, cada uma com abordagens distintas na detecção e prevenção da fadiga.

O Sistema Optalert destaca-se por sua ênfase na monitorização dos movimentos oculares, avaliando padrões específicos relacionados à sonolência. Ao detectar sinais precoces de fadiga, o sistema permite a intervenção oportuna para evitar acidentes e reduzir os impactos negativos da fadiga na saúde e na produtividade. Seu funcionamento segue os seguintes pontos:

1. **Sensores de Movimento dos Olhos:** O sistema Optalert é composto por óculos ou dispositivos que contêm sensores de movimento ocular. Esses sensores capturam e monitoram os movimentos dos olhos do operador enquanto ele está realizando suas atividades.
2. **Algoritmos de Análise:** Os dados dos sensores são processados por algoritmos de análise que identificam padrões de movimento dos olhos associados à fadiga. Isso pode incluir diminuição da frequência de piscar, movimentos oculares irregulares ou lentidão nos movimentos dos olhos.
3. **Avaliação do Nível de Alerta:** Com base nos padrões identificados, o sistema avalia o nível de alerta do operador. Quanto mais pronunciados os sinais de fadiga, menor é o nível de alerta atribuído pelo sistema.
4. **Alertas e Notificações:** Quando o sistema detecta que o nível de alerta do operador está diminuindo devido à fadiga, ele pode enviar alertas visuais, sonoros ou vibratórios para notificar o operador e/ou o supervisor sobre a necessidade de uma pausa ou intervenção.

Para seu funcionamento correto, são necessários que os itens sejam instalados na máquina: óculos especiais, processador, alto-falante, indicador e ponto de conexão, demonstrados na figura 1.

## Sistema Optalert

### Óculos

Os óculos Optalert medem os movimentos das pálpebras e enviam estas informações para o processador.

### Processador

Este é o núcleo de informações do sistema, o qual processa as informações registradas pelos óculos para calcular seu risco de acidente.

### Alto-Falante

Este dispositivo emite um alerta claro quando o condutor apresenta os primeiros sinais de sonolência.

### Indicador

O indicador interativo exibe em tempo real seu grau de sonolência, além do nível de risco de acidente e o status do sistema.

### Ponto de Conexão

É neste ponto que seus óculos deverão ser conectados.



Figura 1 – Funcionamento do Optalert. Fonte: Optalert

O Sistema de Telemetria Veltec adota uma abordagem baseada em sensores de movimento e GPS para analisar o comportamento do motorista, identificando padrões que podem indicar fadiga. Sua metodologia aborda os seguintes pontos:

1. Câmeras de Monitoramento: O sistema Veltec utiliza câmeras de vídeo posicionadas no ambiente de trabalho para capturar imagens dos operadores enquanto realizam suas atividades. Essas câmeras podem ser instaladas em locais estratégicos para obter uma visão clara dos rostos dos operadores.
2. Análise de Imagem e Reconhecimento Facial: As imagens capturadas pelas câmeras são processadas por algoritmos de análise de imagem e reconhecimento facial. Esses algoritmos são capazes de identificar características faciais e padrões de comportamento associados à fadiga, como olhos pesados, bocejos ou movimentos lentos.
3. Avaliação de Sinais de Fadiga: Com base na análise das imagens, o sistema Atento avalia os sinais de fadiga dos operadores. Ele pode classificar o nível de fadiga em diferentes categorias, desde alerta até sonolento, permitindo uma resposta adequada conforme a gravidade da situação.

4. Alertas e Notificações: Quando o sistema detecta sinais de fadiga preocupantes, ele pode emitir alertas imediatos. Isso pode incluir alertas visuais ou sonoros no próprio local de trabalho, bem como notificações enviadas para supervisores ou gerentes responsáveis pela segurança dos operadores.

Para seu funcionamento correto, são necessários que os itens sejam instalados na máquina: câmera e sensor de sinais, demonstrados na figura 2.



Figura 2 – Funcionamento do Sensor Veltec. Fonte: Veltec

O Sistema Atento, sendo uma adição recente ao mercado, utiliza um aplicativo em que o colaborador é submetido ao procedimento de rotina antes de iniciar sua jornada de trabalho. A metodologia aplicada conforme as ações:

1. Acesso ao aplicativo: O teste pode ser aplicado em qualquer smartphone ou tablet, e não precisa estar conectado com a internet. Cada colaborador é cadastrado a partir das suas informações que servirão de base para o banco de dados utilizado para as acompanhamento de desempenho.
2. Questionário customizado: Fase em que serão abordadas perguntas que a empresa contratante considere pertinentes na avaliação de fadiga.
3. Teste de reação: Modelo universal, que leva associação de números e cores e medição de tempo de realização da atividade.
4. Análise de dados e retorno do resultado: A partir dos dados fornecidos a ferramenta fornece uma avaliação do nível de fadiga, atenção concentrada e difusa do colaborador com base clínico-científica, indicando predição de

- eventos danosos e perdas de produtividade. Existem 3 resultados possíveis para o teste: normal, atenção e anormal, que servem como base de tomada de decisão da liderança a respeito do cenário em que se encontra o operador.
5. Registro de Dados: O Sistema Atento registra as repostas e resultados dos operadores ao longo do tempo. Os dados ficam disponíveis no site da empresa, que permite o acesso dashboards de acompanhamentos além do mapeamento do cronotipo de cada colaborador. Esse fator auxilia as empresas a identificar tendências e implementar medidas preventivas para reduzir a fadiga e melhorar a segurança.

As etapas do seu funcionamento e registro de dados no site estão demonstrados nas figuras 3 e 4, respectivamente.



Figura 3 – Interface do aplicativo Atento. Fonte: Atento



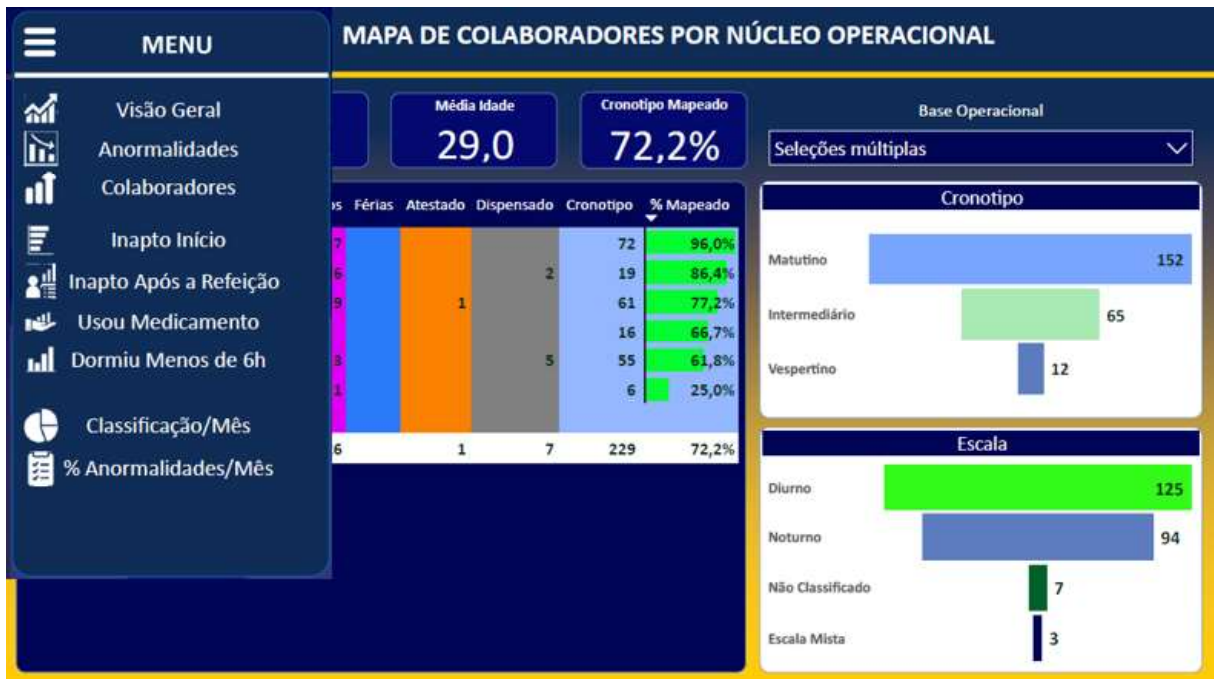


Figura 4 – Painel disponível no site do Atento. Fonte: Atento

Apesar dos avanços significativos na tecnologia antifadiga, é vital reconhecer que a eficácia desses sistemas é multifacetada. Fatores como características individuais dos usuários, ambiente de trabalho e precisão dos algoritmos empregados podem influenciar os resultados práticos. Ainda, a falta de estudos independentes sobre o Sistema Atento reforça a necessidade contínua de pesquisas mais extensivas para avaliar seu desempenho em condições diversas.

Por fim, a pesquisa e implementação de sistemas antifadiga desempenham um papel crucial na promoção da segurança em ambientes industriais desafiadores. A escolha do sistema ideal deve ser informada por uma compreensão profunda de suas capacidades e limitações, considerando a natureza específica do ambiente de trabalho em que serão aplicados (PORTO, N.D.).

## 2.6 Características da operação de mina avaliada e gerenciamento de segurança da empresa

A mina foco deste estudo está localizada na região metropolitana de Belo Horizonte e sua produção média é de 1,5 Mta, (2020 a 2026). No local são executadas as operações de extração a céu aberto de minério de ferro, beneficiamento por via seca, armazenamento, expedição do minério e disposição de material estéril em pilhas. As áreas operacionais são:

mina a céu aberto de minério de ferro, pátio de armazenamento, depósitos de material estéril, instalações de tratamento a seco, edifícios administrativos e de apoio operacional.

Os equipamentos utilizados na operação de mina são de médio porte sendo que esta tarefa é realizada por uma terceirizada. A atividade ocorre 24 horas por dia, 7 dias por semana. Dessa forma o dia de trabalho é dividido em três turnos, com operadores atuando conforme os seguintes horários apresentados na tabela 1.

Tabela 1: Divisão dos turnos

Turno	Período	Horário
Turno 1	Madrugada	23:20 às 07:20
Turno 2	Dia	07:20 às 15:20
Turno 3	Noite	15:20 às 23:20

Fonte: Elaborada pela autora

O gerenciamento de segurança da empresa é feito a partir de um portal online utilizado por seus colaboradores e terceiros relatem qualquer situação que tenha potencial de causar ferimentos graves aos envolvidos na atividade. Os relatos devem conter data, horário, local, justificativa e uma evidência do risco. O ranking de potencialidade do acidente é separado por A, B ou C. Os relatos A são aqueles que tem potencial de causar um acidente fatal ou incapacidade permanente e são os considerados PSIF (*Potencial Serious Injuries Fatalities*). O B pode causar lesão com perda permanente. O tipo C pode acarretar lesão leve ou incapacidade temporária. A partir da classificação acima, são estudadas e realizadas tratativas próprias pelas equipes envolvidas.

A categorização dos incidentes em A, B ou C reflete a diferenciação do potencial de impacto, permitindo uma análise mais refinada e direcionada para implementar ações corretivas. Incidentes classificados como A, indicando um potencial de causar um acidente fatal ou incapacidade permanente, recebem uma atenção imediata e crítica. Essa abordagem proativa reflete o compromisso da empresa com a prevenção de incidentes graves que podem ter consequências irreversíveis para a saúde e segurança dos colaboradores e terceiros.

A análise dos relatos B, que têm o potencial de causar lesões com perda permanente, e dos relatos C, que podem resultar em lesões leves ou incapacidade temporária, permite que a empresa adote medidas proporcionais à gravidade esperada. Dessa forma, as equipes envolvidas podem concentrar seus esforços em intervenções específicas, direcionadas a prevenir a ocorrência de acidentes com diferentes níveis de gravidade.

O destaque na realização de tratativas próprias pelas equipes envolvidas sublinha a descentralização das responsabilidades e a promoção de uma cultura organizacional voltada para a segurança. Essa abordagem encoraja a participação ativa de todas as partes interessadas na identificação e mitigação de riscos, promovendo a colaboração e a responsabilidade compartilhada. Deste modo, a cultura difundida a respeito da segurança vai além do simples registro de incidentes, proporcionando uma estrutura estratégica para a gestão proativa de riscos. Ao categorizar incidentes com base na potencialidade de causar danos graves, a empresa demonstra um comprometimento real com a segurança ocupacional, promovendo uma abordagem preventiva e focada na mitigação dos riscos mais críticos.

Na figura 5, também relacionada à problemática do gerenciamento de segurança, segue um modelo que prioriza “A identificação dos perigos e a determinação correta do potencial de severidade associado, define a estratégia adequada de atuação”



Figura 5 – Gerenciamento de Segurança. Fonte: Empresa

A análise do Gerenciamento de Segurança com base no "Reconhecimento dos perigos" destaca a importância da identificação eficaz de riscos, seguida por uma avaliação precisa do potencial de severidade associado. A estratégia de atuação é, então, delineada de acordo com

essa avaliação, enfatizando a necessidade de soluções robustas e medidas de alta efetividade para a eliminação de fatalidades e acidentes graves.

O primeiro eixo, "Determinação de severidade", introduz duas estratégias distintas. A primeira estratégia envolve a exposição de potencial de severidade baixa, indicando que, para situações de menor gravidade, podem ser adotadas abordagens menos rigorosas. Por outro lado, a segunda estratégia aborda exposições com tendência de gerar lesões graves e fatalidades, demandando a implementação de medidas mais robustas e eficazes para evitar consequências severas.

O segundo eixo, "Avaliação do risco", expande as estratégias ao considerar a interação entre potencial de severidade e probabilidade. A primeira estratégia enfoca potenciais de severidade baixos versus probabilidade baseada no histórico, destacando a relevância de analisar eventos passados para estimar a probabilidade de recorrência. A segunda estratégia aborda potenciais de severidade altos versus a probabilidade baseada nos controles implementados, enfatizando a importância dos mecanismos de controle na mitigação de riscos mais severos.

O terceiro eixo, "Medidas de controle", divide as estratégias entre controles de nível de hierarquia médio ou baixo e controles de nível de hierarquia alto, incluindo a adoção de várias barreiras de proteção. Essa abordagem sugere que, para perigos de maior potencial de severidade, é necessário implementar controles mais robustos e sistemas de proteção múltiplos para reduzir a probabilidade de ocorrência e minimizar os impactos.

É crucial ressaltar a mensagem enfatizada na imagem, indicando que a eliminação de fatalidades e acidentes graves requer a aplicação de soluções robustas com medidas de alta efetividade. Isso sublinha a importância de investir em abordagens de segurança que vão além de simples controles superficiais e envolvem a implementação de sistemas mais intrínsecos e eficazes para garantir um ambiente de trabalho seguro.

Em resumo, a abordagem apresentada destaca a necessidade de uma análise cuidadosa dos perigos, considerando seu potencial de severidade, probabilidade e a eficácia das medidas de controle. Essa metodologia permite que as organizações desenvolvam estratégias de gerenciamento de segurança adaptadas à natureza específica dos riscos enfrentados, proporcionando um ambiente de trabalho mais seguro e resiliente.

Já a análise do Gerenciamento de Segurança, centrada na "Hierarquia de Controle de Risco" representada na pirâmide invertida, oferece uma perspectiva estratégica fundamental para a mitigação de riscos e a promoção de ambientes de trabalho seguros. Essa hierarquia é

crucial para orientar a escolha das medidas adequadas, com a premissa de que a identificação correta dos perigos e a avaliação precisa do potencial de severidade são os pilares fundamentais para determinar a estratégia de atuação.

A pirâmide invertida, onde a parte superior representa as "Medidas de alta efetividade" e a parte inferior as "Medidas de baixa efetividade", define claramente a preferência por soluções mais robustas e eficazes na base da hierarquia. As medidas estão numeradas de 1 a 7, refletindo a ordem de efetividade crescente, a saber.

1. Eliminação do perigo: Representa a abordagem mais efetiva, visando remover completamente o perigo do ambiente de trabalho. A eliminação direta do perigo é a estratégia mais alinhada com a prevenção de fatalidades e acidentes graves, como destacado na imagem.

2. Redução do perigo (substituição da atividade ou automação): A segunda medida sugere a redução do perigo por meio de substituição de atividades ou automação, reduzindo a exposição direta dos trabalhadores aos perigos.

3. Isolamento do perigo (distância entre o perigo e as pessoas): Isolar fisicamente o perigo das pessoas representa outra estratégia eficaz. Manter uma distância segura reduz a probabilidade de exposição direta.

4. Enclausuramento do perigo (barreiras, grades, proteções, etc.): O enclausuramento envolve o uso de barreiras físicas para proteger contra o perigo. Essa medida visa evitar o contato direto, adicionando uma camada de segurança.

5. Redução do risco (diminuir exposição, tempo, frequências, quantidade de pessoas, etc.): A quinta medida focaliza a redução do risco através da diminuição da exposição, tempo ou frequência das atividades. Isso visa minimizar a probabilidade de incidentes.

6. Controles através de procedimentos (regras, práticas, procedimentos, organização e limpeza): Medidas organizacionais, como estabelecer regras e procedimentos, representam uma estratégia que depende do comportamento humano para controlar os riscos.

7. Equipamento de proteção pessoal (último recurso): No topo da pirâmide, a última linha de defesa é o uso de Equipamento de Proteção Pessoal (EPI), destacando-se como a medida de menor efetividade. Isso ressalta a importância de priorizar medidas mais robustas antes de depender exclusivamente do EPI.

A ênfase na aplicação de soluções robustas com medidas de alta efetividade para eliminar fatalidades e acidentes graves é um princípio crucial derivado dessa hierarquia. A mensagem é clara: medidas preventivas mais fortes devem ser priorizadas na gestão de riscos para garantir a segurança e proteção dos trabalhadores.

Por fim, apresenta-se a figura 6 um quadro sequencial que permite a análise da sequência "Recusa Tarefa de Risco" na Cultura de Segurança e Gestão do Comportamento, a saber:

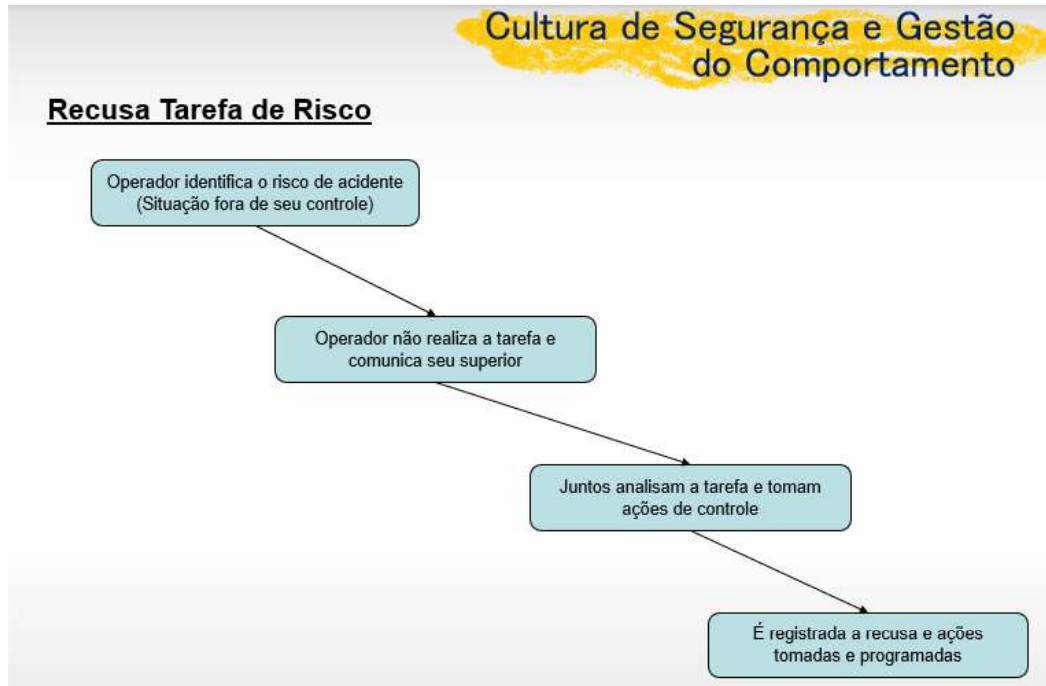


Figura 6 – Cultura de segurança e gestão de comportamento Fonte: Empresa

A análise da sequência "Recusa Tarefa de Risco" na Cultura de Segurança e Gestão do Comportamento destaca uma abordagem proativa para mitigar riscos e promover um ambiente de trabalho seguro. A imagem apresenta quatro momentos distintos, cada um representando uma etapa crucial na gestão do comportamento em relação a tarefas potencialmente arriscadas.

1. Operador identifica o risco de acidente (situação fora de seu controle): Neste primeiro momento, a ênfase está na sensibilidade do operador para identificar situações de risco que estão além de seu controle direto. Essa percepção ativa do risco demonstra um engajamento inicial na cultura de segurança, onde os colaboradores são incentivados a reconhecerem potenciais ameaças à sua segurança.

2. Operador não realiza a tarefa e comunica seu superior: A segunda etapa destaca a importância da comunicação efetiva. O operador, ao identificar um risco significativo, toma a decisão de não prosseguir com a tarefa e imediatamente comunica a situação ao seu superior. Essa atitude reflete uma cultura de segurança que valoriza a transparência e a comunicação aberta, permitindo uma resposta rápida e eficaz diante de potenciais perigos.

3. Juntos analisam a tarefa e tomam ações de controle: O terceiro momento ressalta a colaboração entre o operador e seu superior na análise detalhada da tarefa em questão. Juntos, eles buscam compreender os riscos envolvidos e implementam ações de controle apropriadas. Essa abordagem de tomada de decisão compartilhada promove a troca de conhecimentos e experiências, fortalecendo a gestão do comportamento e a cultura de segurança.

4. É registrada a recusa e ações tomadas e programadas: O último momento destaca a importância da documentação e registro formal da recusa do operador, juntamente com as ações tomadas e aquelas programadas para o futuro. O registro formal não apenas fornece um histórico essencial para análises posteriores, mas também reforça a responsabilidade e a prestação de contas na gestão de riscos.

Essa sequência evidencia uma abordagem proativa e estruturada para a gestão do comportamento em situações de risco. A cultura de segurança é tratada com extrema importância para todos os colaboradores próprios e terceirizados. Cada ambiente conta com um time de multiplicadores das boas práticas, que são responsáveis por divulgar os eventos relacionados a saúde e segurança. Além disso, o processo de acompanhamento dos indicadores é feito de mensalmente nos comitês de segurança, que tem o objetivo de encontrar novas soluções para situações encontradas e promover boas práticas para manter um ambiente mais seguro para todos.

### 3. METODOLOGIA

A metodologia proposta para a implementação do Sistema Atento consistiu em uma abordagem passo a passo e integração entre as equipes interessadas, visando a otimização e eficácia na execução do planejamento, como demonstrado na figura 7 abaixo.



Figura 7 – Linha do tempo da metodologia aplicada ao estudo. Fonte: Autora

As primeiras ações foram relacionadas a implementação do aplicativo na rotina, tendo como principais marcos a definição da interface do aplicativo e treinamentos da equipe para uso correto da ferramenta. As ações de construção do fluxograma foram realizadas em paralelo a construção física da sala de estimulação, uma vez que essas etapas estão interligadas já que a sala é uma das tratativas previstas no fluxograma geral definido. O treinamento de segurança foi planejado como um reforço da cultura de segurança da empresa aos colaboradores e terceiros, para promover maior confiança no uso sincero do Sistema Atento e do portal de segurança. A etapa de integração dos dados do Veltec e Atento teve seu foco na construção do dashboard de acompanhamento, com o objetivo principal no desempenho individual dos colaboradores e assim a definição de tratativas específicas de cada caso.

#### 3.1. Definições do aplicativo, cadastro e treinamento da equipe no Sistema Atento

O processo se iniciou na fase de implementação do sistema na rotina da empresa. A personalização das etapas do aplicativo foi decidida em reuniões do time Atento e da empresa contratante, em que os seguintes pontos foram definidos:



1. Realização do teste no início e durante a jornada: O início da jornada é o principal momento de avaliação do colaborador, uma vez que situações externas podem ter afetado seu descanso antes do turno. O teste durante a jornada do também se mostrou necessário já que neste momento os colaboradores podem demonstrar sinais de fadiga após as refeições feitas.
2. Questionário customizável: As perguntas do questionário foram propostas com o auxílio da equipe de medicina. O foco principal no bem-estar do colaborador e em questões que pudessem revelar interferências fora do ambiente de trabalho, como situação familiar, financeira e de saúde. As informações destacadas nessa fase são relacionadas principalmente ao tempo de sono, uso de medicações e autoavaliação de aptidão.

Posteriormente ocorreu a instalação nos tablets dos equipamentos elegíveis para a ação e o cadastro de todos os colaboradores no Sistema Atento. Logo após os treinamentos iniciais para uso do Atento foram organizados por escalas com os operadores, sendo ministrados pela empresa responsável pelo Atento juntamente ao time de gestão do projeto. O conteúdo abordado teve foco no ensino do uso correto da ferramenta, demonstrando cada etapa a ser feita na figura 8.

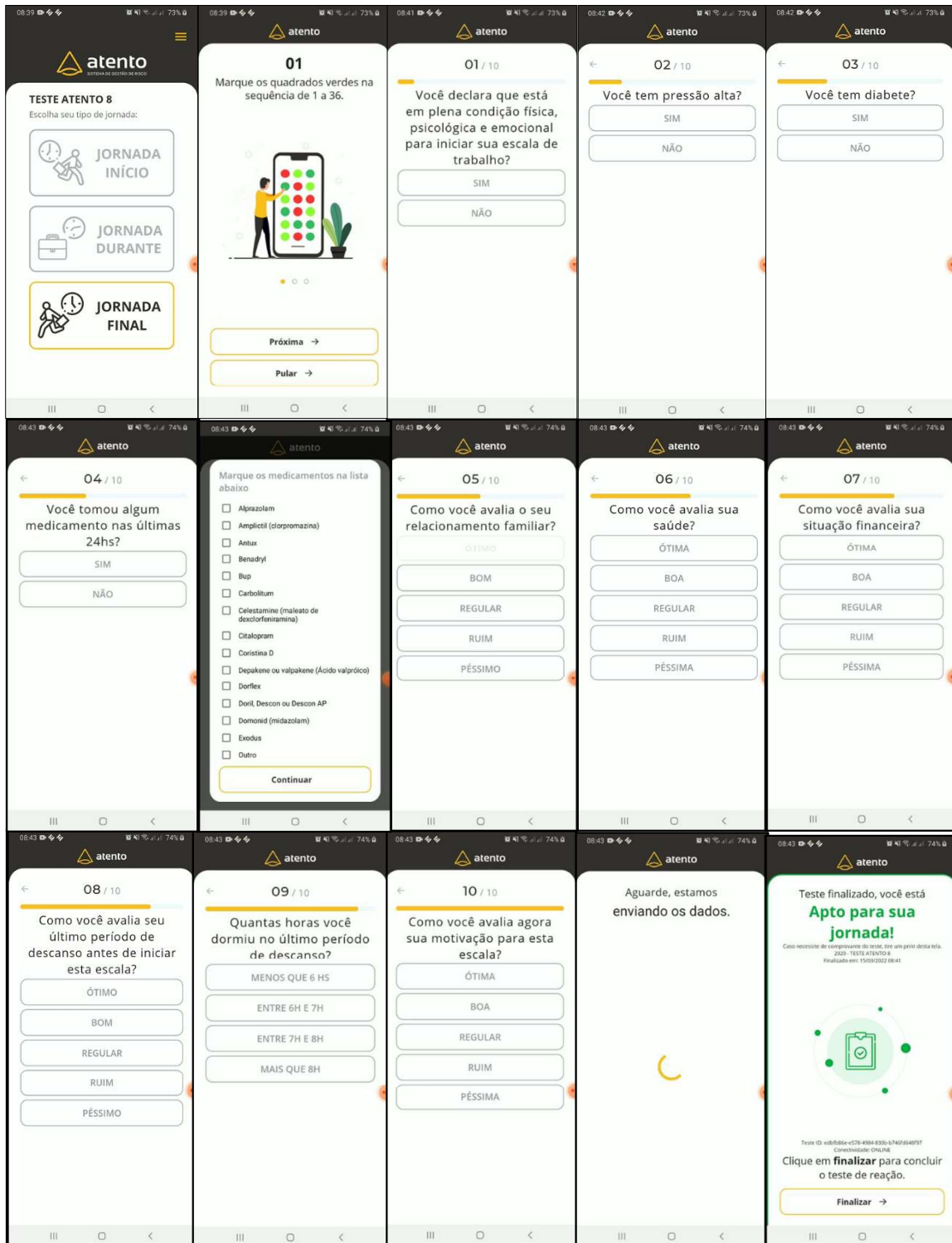


Figura 8 – Etapas da realização do teste definidas pela empresa. Fonte: Empresa

### 3.2. Construção e implementação do fluxograma do uso do Sistema Atento na rotina

Com o a definição do teste, foi criado o fluxograma do Sistema Atento (figura 9) em que foram identificados os momentos do uso e quais ações seriam tomadas diante de cada cenário.



Figura 9 – Fluxograma do Atento na rotina. Fonte: Empresa

Como mapeado no fluxograma acima, a primeira realização do teste seria feita no início do turno. A liberação para atividade é disponibilizada para o resultado “apto” ao final do teste. O resultado “anormal” leva a tratativa de direcionamento do colaborador para a sala de estimulação e nova realização do teste após uma hora. Já o bloqueio da atividade ocorre nas seguintes situações:

- Resultado inapto no teste
- Resposta de menos de 6 horas de sono completas
- Declaração de não apto para trabalhar naquele dia,
- Uso de medicação especificada na lista do aplicativo

Outra tratativa realizada é o encaminhamento do funcionário a sala de medicina caso este tenha feito uso de medicamentos não especificados no aplicativo. Após análise do time ocorre a liberação ou bloqueio da atividade por este motivo. O ciclo se repete durante a jornada, em que o trabalhador responde o teste novamente.

### 3.3. Construção e implementação do fluxograma do uso do Sistema Atento no caso de manutenção do Sensor Veltec

O Veltec até a implementação do Atento era o único sistema disponível para acompanhamento e controle dos eventos de fadiga. Utilizando o sinal de internet para se manter ativo, qualquer falta de conexão ou manutenção da ferramenta culminava na parada total de operação, já que as normas de segurança praticadas pela empresa desconsideravam operar sem que as câmeras estivessem ativas. A partir de tais fatos foi elaborado o seguinte fluxograma (figura 10).

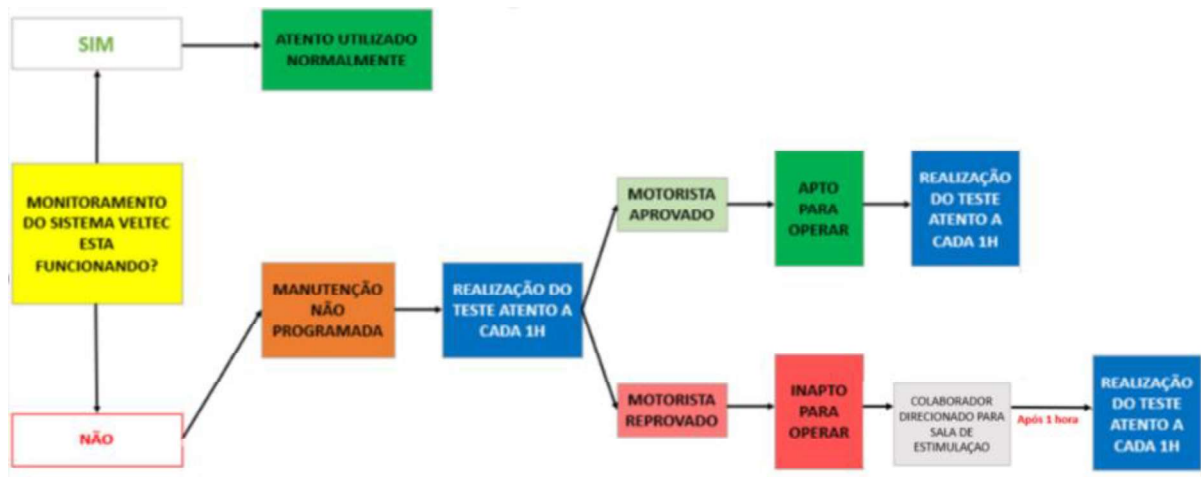


Figura 10 – Fluxograma de ações durante a manutenção do Veltec. Fonte: Empresa

Os dois cenários abordados no fluxograma são baseados no funcionamento do Sensor Veltec. Caso o mesmo esteja ativo, a rotina do Sistema atento segue o fluxograma da rotina. Já nos momentos em que o Veltec esteja em manutenção as medidas tomadas envolvem a realização do teste Atento de hora em hora operação, com os motoristas reprovados sendo enviados para a sala de estimulação.

### 3.4. Construção da Sala de Estimulação

Paralelo a implantação dos fluxogramas, ocorreu a instalação da "Sala de Estimulação" (figura 11), um espaço projetado para fornecer uma variedade de estímulos sensoriais, cognitivos ou físicos com o objetivo de promover a melhoria de estado físico e mental dos trabalhadores que se encontravam em estado de fadiga. A conclusão dessa ação ocorreu conforme as seguintes etapas:

- 1) Avaliação do local para instalação da sala: O pré requisito principal foi o fácil acesso dos funcionários a sala, para que o encaminhamento a ela ocorresse de forma ágil
- 2) Agendamento com a equipe de reformas: A equipe de reforma foi acionada para realizar a pintura na cor branca do espaço, uma vez que essa cor intensifica a claridade do ambiente
- 3) Compra dos itens utilizados para estímulo: Foram escolhidos itens que possibilitassem maior conforto para descanso como cadeiras reclináveis e banco além de itens para estimular os funcionários, como a mesa de pebolim e bicicleta.
- 4) Regras de uso: Após a inauguração, foram repassadas as regras de uso da sala. A sala é restrita, sendo liberado do acesso apenas pela equipe de gestão do projeto no encaminhamento dos colaboradores que estejam com sinais de fadiga.

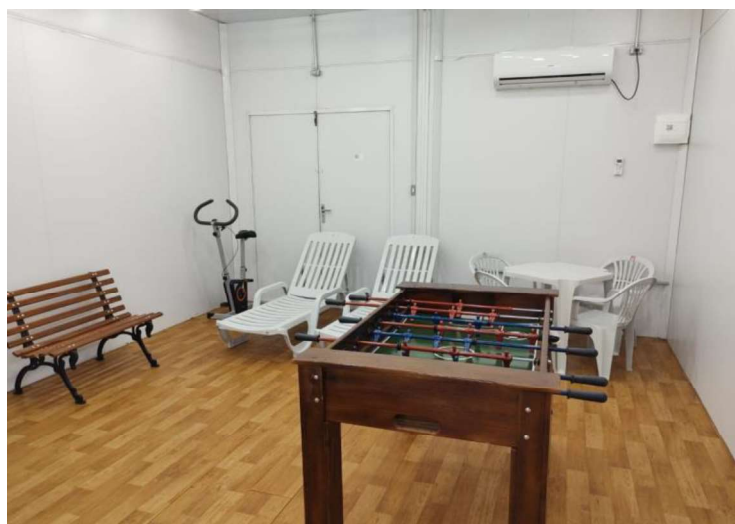


Figura 11 – Sala de Estimulação. Fonte: Empresa

### 3.5. Realização do treinamento de segurança para os colaboradores

O treinamento de gestão de fadiga foi planejado com o objetivo de reforçar a cultura de segurança da empresa aos colaboradores e terceiros além de incentivar o uso das ferramentas de Recusa Tarefa e Sistema Atento sempre que não se sentirem aptos no turno. Dessa forma, a equipe de gestão de projeto e o time de medicina foram reunidas para definir os temas abordados e qual a melhor organização da agenda para atingir o maior número de funcionários presentes.

O cronograma final seguiu as seguintes atividades:

- Dinâmica “O quanto eu conheço meus colegas de trabalho?”
- Definição do conceito de fadiga, causas e sintomas
- Tecnologias de detecção de fadiga
- Incentivo ao autocuidado e abertura do diálogo
- Revisão sobre gestão de riscos praticada pela empresa

O treinamento foi ministrado no dia 26 de maio de 2022, durante parte da manhã e tarde pelo médico do trabalho coordenador da empresa, contando com a participação da maioria dos terceirizados responsáveis pela operação dos equipamentos na mina. Após essa data, foram marcados outros momentos para contemplar colaboradores de férias e de outros turnos.

### 3.6. Construção do dashboard compartilhado

Com os dois sistemas totalmente implementados na mina foi possível definir as informações que deveriam ser compartilhadas entre ambos. O critério utilizado para construção do dashboard (gráfico 1) foi baseado no acompanhamento individual do operador uma vez que o Sistema Atento fornece sua avaliação pré operação e Sensor Veltec complementa a análise avaliando o desempenho na operação do equipamento.

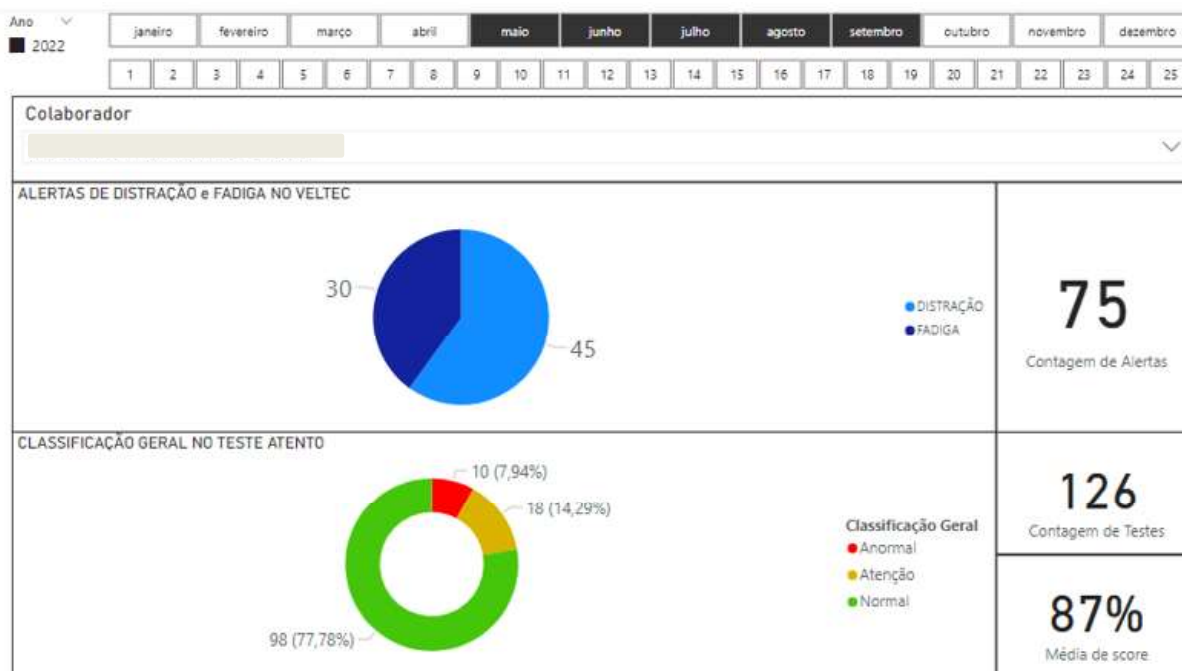


Gráfico 1 – relatório integração Atento x Veltec com foco no resultado individual

O gráfico construído permite a pesquisa por operador e o filtro por período. Com essas informações definidas, retorna a quantidade de testes realizados, quais classificações obtidas e média do score. Além disso, identifica o valor das ocorrências de distração e fadiga que foram registradas durante o intervalo.

A partir dos dados disponíveis a equipe de gestão de projeto pode colocar em prática as tratativas necessárias, sendo elas voltadas principalmente no caso de trabalhadores com mais ocorrências de fadiga e resultados abaixo do esperado no Atento. O procedimento inicial é o encaminhamento do funcionário para a avaliação médica e psicológica além do informe ao gestor que pode contribuir com o diálogo mais próximo ao colaborador.

## 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1.Redução das ocorrências de fadiga registradas pelo sistema Veltec

O sistema Veltec é composto por uma série de câmeras responsáveis por visualizar o operador durante seu tempo de jornada com o objetivo de identificar quaisquer alterações fisiológicas e distrações por parte do mesmo. Quando um sinal de sonolência/fadiga é reparado, o aparelho envia a informação para a sala de controle responsável por guiar a operação de mina. Essa ferramenta era a única disponível utilizada para paralisar operadores que não estavam aptos a seguir operando no turno.

Com a chegada do Atento, os colaboradores realizam o teste antes de operar as máquinas, sendo impedidos de atuar na área se o seu teste se mostrar insuficiente. O comparativo foi feito com base nas ocorrências de paralisações por fadiga identificadas em campo dos operadores da empresa terceirizada coletadas pelo sistema Veltec nos meses de maio a setembro 2021 e de 2022.

A partir do Gráfico 2, percebe-se que neste intervalo em 2021 foram registrados 136 casos. Já em 2022, esse número caiu para 76 ocorrências, sendo identificado uma redução de 44% de casos em relação aos dois anos.

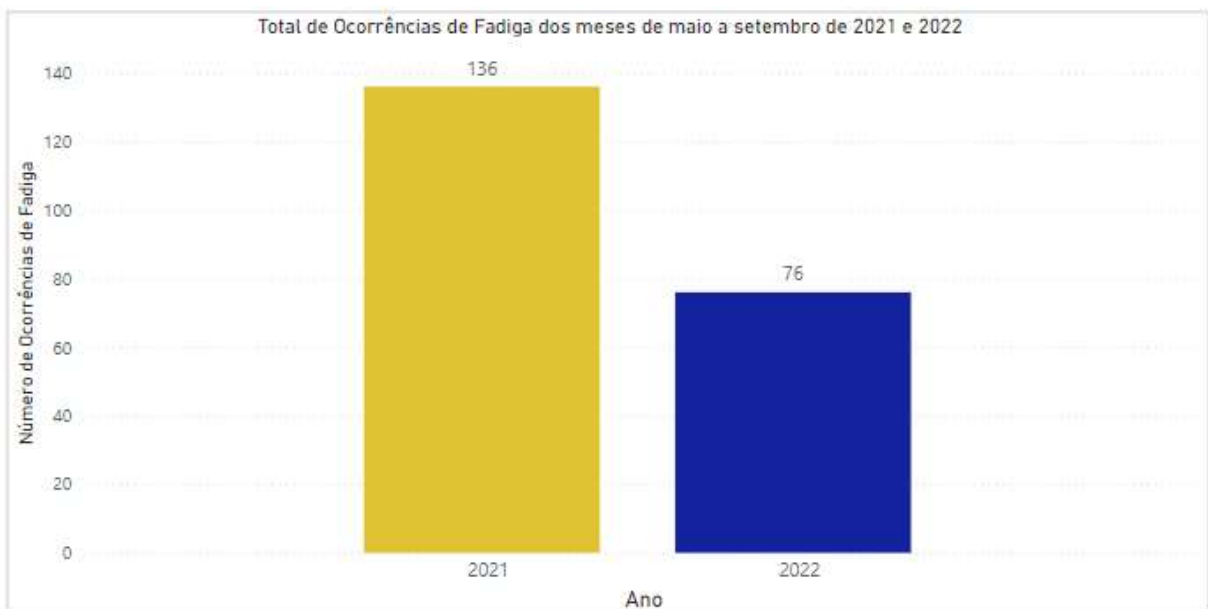


Gráfico 2: total de ocorrências de fadiga nos meses de maio a setembro de 2021 e 2022



Separando os meses do intervalo (Gráfico 3), foi possível calcular a redução dos relatos mês a mês. Os resultados encontrados foram de 50% em maio, 14% em junho, 55% em julho, 39% em agosto e 60% em setembro.

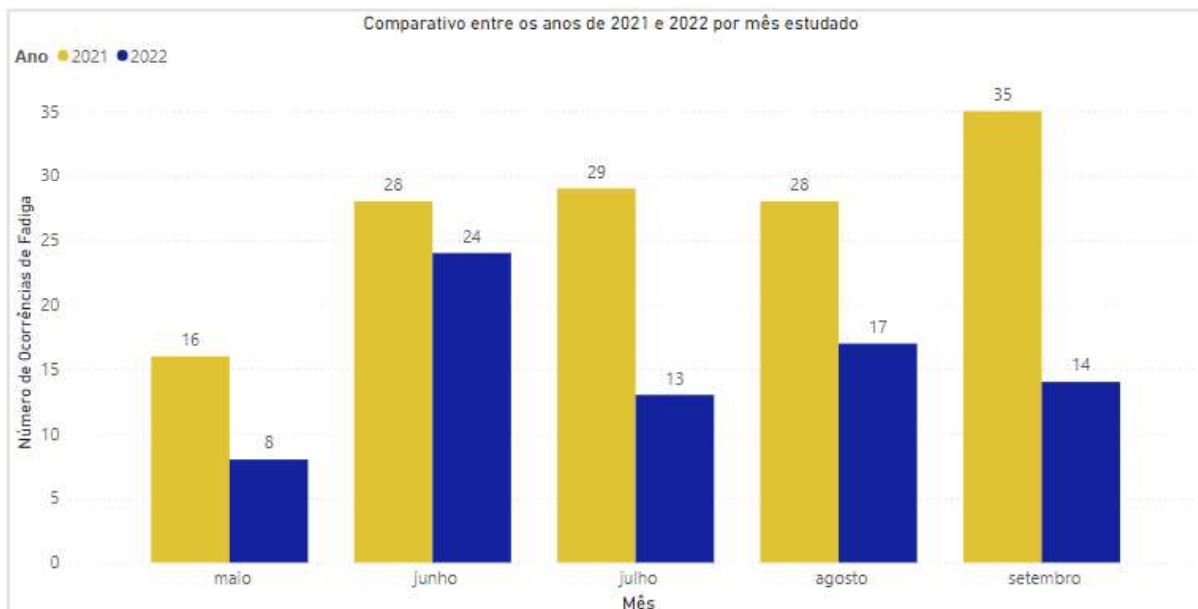


Gráfico 3: comparativo entre os anos de 2021 e 2022 por mês estudado

A partir dos dados citados acima foi identificado que após a implantação do sistema Atento houve a diminuição da quantidade de vezes que foi necessário parar um operador que já realizava a atividade em campo, e conseqüentemente, menor probabilidade da ocorrência de acidentes que tenham a fadiga como precursor.

#### 4.2. Aumento do registro de PSIFs do tipo Recusa a Tarefa

Através de informações coletadas com as equipes entendeu-se que, por questões comportamentais, muitos colaboradores deixavam de registrar a recusa quando se sentiam fadigados por acreditarem que sua paralisação no turno traria advertências e complicações no trabalho.

Como forma de tratativas da situação, duas ações foram trabalhadas concomitantes: a implementação do atento e treinamento comportamental sobre fadiga para os colaboradores. No Sistema Atento, parte do teste consiste no colaborador responder perguntas sobre seu tempo e qualidade de sono, se ingeriu medicações que afetem o desempenho e se se sente apto para a jornada.

Com a coleta dos dados através do portal foi possível construir o Gráfico 4, que relaciona o número de relatos PSIF de recusa a tarefa de maio até setembro dos anos de 2021 e 2022. Enquanto 2021 apresentou o total de 19 recusas, 2022 obteve 107 relatos desse tipo, o que representa um aumento expressivo em relação ao ano anterior.

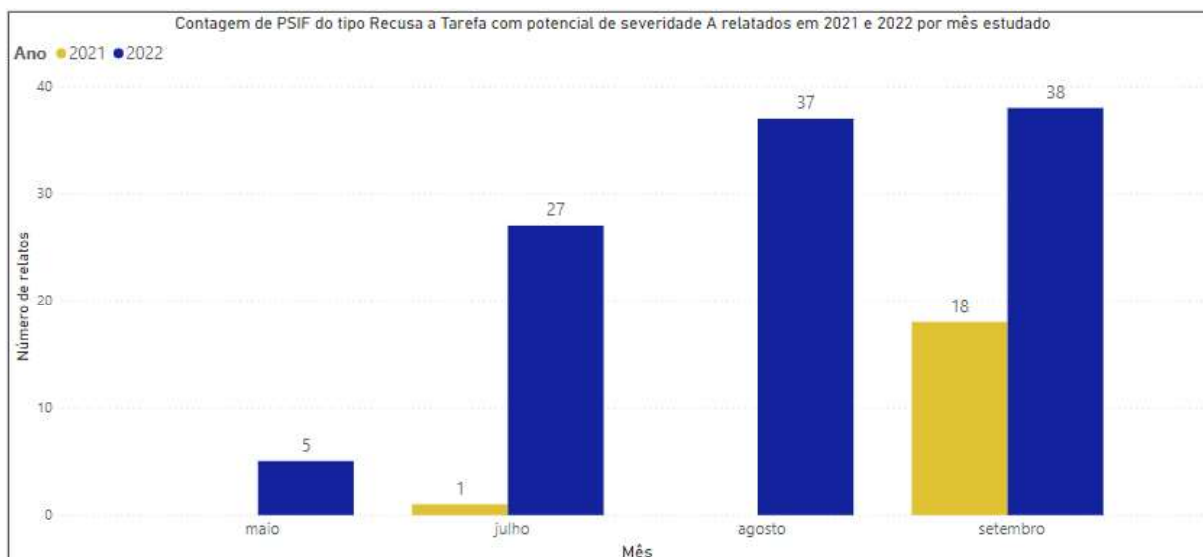


Gráfico 4: total de recusa a tarefa nos meses de maio a setembro de 2021 e 2022

Também pode-se considerar que o objetivo do treinamento ministrado em maio foi alcançado, uma vez que o número de relatos de recusa aumentou em após a participação dos colaboradores no evento. Além disso, o próprio Sistema Atento realiza o bloqueio dos servidores que responderem as questões sobre fadiga com negativas, o que já faz com que recusem a tarefa.

#### 4.3. Classificação dos operadores de acordo com os resultados obtidos nos testes como forma de tomada de decisões e tratativas necessárias

A partir do momento que o operador finaliza o teste, o resultado é enviado para o banco de dados que fica disponível online no site do Sistema Atento. O acesso ao site é restrito apenas para os servidores que irão tratar as informações e passá-las para a gerência. Na interface do site é possível emitir relatórios de determinados períodos, analisar os testes feitos, acessar conteúdo sobre a plataforma e assuntos pertinentes do projeto como identificação do crono tipo, jornada de trabalho, sonolência, entre outros.

Outra possibilidade provinda do site que é pertinente de aplicação lista o ranking top 10 de operadores que obtiveram o melhor e pior desempenho a partir dos resultados de suas

avaliações, exibida na Figura 12. A pesquisa permite escolher o intervalo de datas desejado e retorna com uma lista constando o nome do trabalhador, turno em que foi realizado o teste e número de testes com os resultados normal, atenção e anormal. O operador que obtém o resultado “normal” é considerado apto a jornada, “atenção” é observado, mas também liberado para operar e “anormal” totalmente bloqueado até que seja aprovado novamente.

Ranking TOP 10  
Lista ranking dos TOP 10 com os melhores scores e com baixa scoringem nos testes.

Data Início: 01/05/2022  
Data Final: 30/09/2022

🔍 Pesquisar

### Maior desempenho nos testes

Exportar CSV/Excel

Nome Colaborador	NOP	Normal	Atenção	Anormal	Total Geral
	Turno B	201	18	5	224
	Turno B	195	8	10	213
	Turno B	191	8	2	201
	Turno B	190	25	4	219
	Turno B	189	6	3	198
	Turno B	188	8	2	198
	Turno B	188	9	5	202
	Turno B	181	2	5	188
	Turno B	181	26	7	214
	Turno B	181	22	7	210

### Menor desempenho nos testes

Exportar CSV/Excel

Nome Colaborador	NOP	Anormal	Atenção	Normal	Total Geral
	Turno B	26	14	4	44
	Turno C	19	6	71	96
	Turno B	15	51	6	72
	Turno C	14	21	78	113
	Turno B	14	39	23	76
	Turno C	13	17	96	126
	Turno B	13	54	94	161
	Turno C	12	9	65	86
	Turno C	12	30	85	127
	Turno C	11	24	90	127

Figura 12: ranking top 10 do sistema atento. Fonte: Atento

Com essas informações em mãos, é possível identificar aqueles que obtiveram os melhores resultados, incentivando a equipe a realizar todos os testes necessários e se preparar para conseguir alcançar os resultados esperados. O principal foco das tratativas se concentra nos trabalhadores que tem mais resultados “anormais” nos testes. Estes são acompanhados com a atenção necessária, sendo encaminhados para atendimento com equipe médica que ministra exames de saúde e avaliação psicológica, além de receber apoio dos gestores com qualquer situação externa que esteja impactando diretamente na sua atuação no turno.

#### 4.4.Redução nas horas de operação paralisadas por manutenção do sistema Veltec

Uma forma de analisar a eficácia da implantação do fluxograma do uso do Sistema Atento nos momentos de manutenção do Sensor Veltec se deu com a comparação dos apontamentos provenientes da SODEP (software que reúne todo os dados da frota da mina), que calcula o somatório de horas de inatividade do sensor nos períodos estudados, apresentados no Gráfico 5.

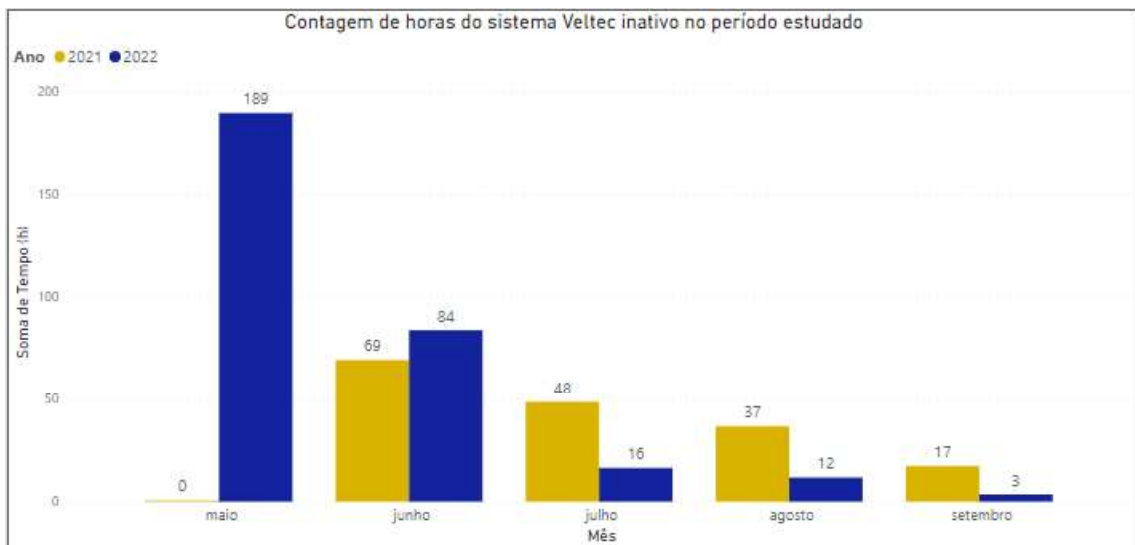


Gráfico 5: Contagem de horas do sistema Veltec inativo

No período de maio a setembro de 2021, encontra-se a informação que a frota não operou por 172 horas, ou seja, 7 dias de operação parada pela falta do sistema Veltec. No mesmo período de 2022, o valor aumenta para 305 horas sem o funcionamento do Veltec. Esse fator significaria perda de 13 dias de operação, se não fosse a integração do sistema atento junto a equipe.

Dessa forma, é possível mitigar as perdas de produção causadas pela paralisação das atividades, ainda mantendo a atividade segura uma vez que o Atento sendo realizado de hora em hora suprime a falta de vigília nas câmeras Veltec.

#### 4.5.Acompanhamento da aderência na realização dos testes e as classificações encontradas

O preenchimento completo do teste por parte dos colaboradores é a ação fundamental que faz com que o Sistema Atento se torne útil e eficaz no tratamento dos

dados. Quando ainda não havia a metodologia e divulgação da importância do uso do sistema na operação, os servidores não utilizavam a ferramenta corretamente e por outras vezes, nem mesmo faziam o teste antes de assumir o turno. Após o projeto ser iniciado, um dos parâmetros de acompanhamento foi a aderência na realização do teste aliado a classificação dos resultados que são apresentados nos gráficos 6 e 7.

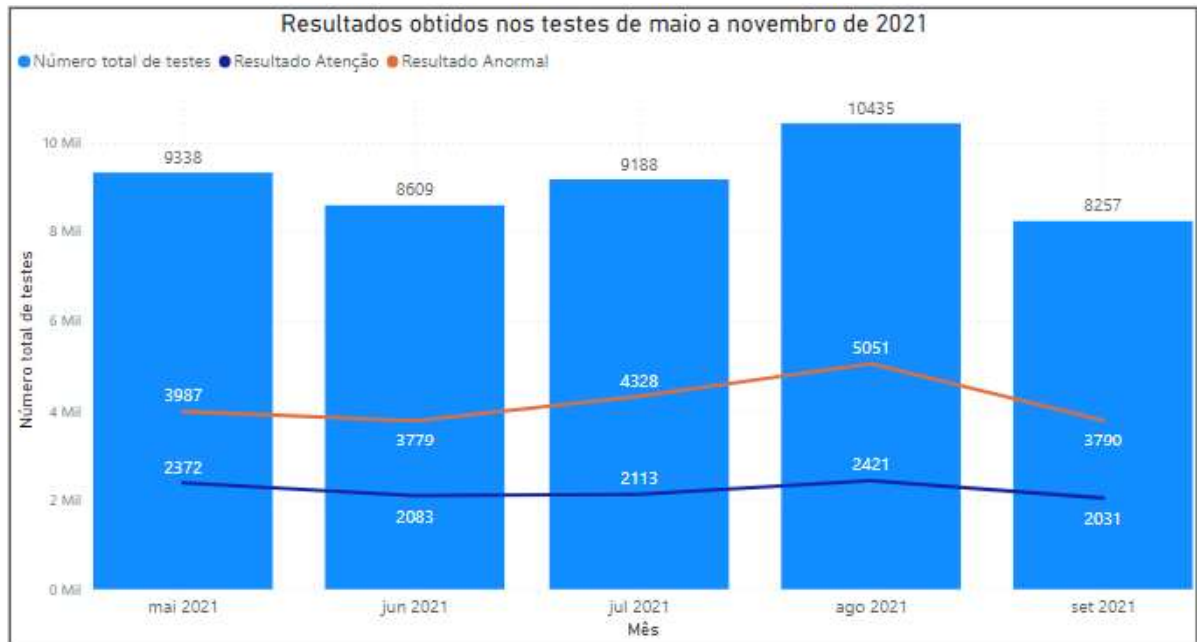


Gráfico 6: resultados obtidos nos testes de maio a novembro de 2021



Gráfico 7 – resultados obtidos nos testes de maio a novembro de 2022

Cruzando as informações dos dois gráficos, é possível observar que a aderência de maio a setembro de 2022, que contou com o total de 58.653 testes feitos, foi superior a aderência do mesmo período em 2021, que somou 45.827 testes realizados. Além disso, temos uma diminuição da porcentagem de testes com resultado “atenção”, que em 2021 teve média de 25% no período enquanto em 2022 atingiu média de 23%. Os testes com resultado “anormal” obtiveram um resultado expressivo quanto a sua redução, sendo média de 46% em 2021 para 9% em 2022.

Focando nos dados de 2022, pode-se observar que o maior número de testes foi realizado nos meses de maio e junho. Nesses meses houve uma maior falha no sistema Veltec e a tratativa para esse caso é explicada no item acima, em que os operários faziam o teste atento de hora em hora para preservar a segurança e operação do turno, quantificando mais testes no período. A diminuição de testes nos meses seguintes pode ser relacionada por um período de baixa de trabalhadores na empresa terceirizada, que precisou recorrer novamente ao mercado de trabalho para contratação de novos empregados.

Desse modo, o acompanhamento se torna uma ferramenta útil de análise para identificar tratativas que podem ser inseridas no processo para que o número de testes anormais continue em decadência enquanto os testes normais ascendam. Outro fator importante de se observar é a quantidade de testes com classificação atenção e, a partir da comparação com o sistema Veltec, identificar se os mesmos colaboradores que tiveram esse resultado foram parados em operação por conta de fadiga. Com essa intersecção de informações, pode-se definir se é mais vantajoso considerar o colaborador que obtenha essa classificação apto a operar ou não no turno vigente.

## 5. CONCLUSÃO

A pesquisa abordou de forma abrangente aspectos essenciais relacionados à mineração a céu aberto, fadiga na operação de mina, tecnologias de controle de fadiga em motoristas e gerenciamento de segurança. A análise detalhada dos resultados focou em áreas específicas, proporcionando insights valiosos sobre o impacto do Sistema Atento nos indicadores de segurança.

A exploração da lavra a céu aberto destacou a complexidade operacional desse contexto, enfatizando a necessidade de estratégias eficientes para garantir a segurança dos trabalhadores e a integridade operacional. A investigação da fadiga na operação de mina revelou a importância crítica de lidar com esse fenômeno complexo, considerando não apenas aspectos médicos, mas também tecnologias de detecção disponíveis.

A discussão sobre as tecnologias de controle de fadiga, com ênfase no Sistema Atento, revelou avanços promissores na prevenção de acidentes relacionados à fadiga. A abordagem do gerenciamento de segurança enfatizou a necessidade de estratégias proativas, destacando a "Recusa a Tarefa" como uma prática fundamental na cultura de segurança.

O Sistema Atento, através de suas funcionalidades e aplicado de forma correta e abrangente na operação de mina, trouxe benefícios ao quesito de maior objetivo com sua implementação: promover o princípio da segurança em seus colaboradores. Com uma interface prática para realização dos testes e indicadores completos dos resultados obtidos, o sistema é ágil e de fácil entendimento e manuseio. Dessa forma, permite que análises sejam feitas para diminuir, cada vez mais, as ocorrências de fadiga e possíveis acidentes causados por ela.

Como principais indicadores obtidos, observa-se a redução de 44% nas ocorrências de fadiga no período avaliado, aumento de 13 dias na operação após a implantação do novo sistema e redução de 37% dos resultados de teste "anormal", considerado o pior cenário, que impossibilitava o operador de iniciar sua jornada de trabalho.

Além disso, o Atento se torna uma fonte de comparação e apoio a ferramenta já existente, o Veltec, uma vez que seus relatórios podem ser cruzados para identificar gargalos nas atividades realizadas. Juntos, os dois sistemas entregam as informações necessárias para tomada de decisões e elaboração das tratativas necessárias sobre o processo.

Outro ponto fundamental que contribuiu para o bom resultado está no apoio da liderança na divulgação da cultura de segurança para todos. Com o treinamento realizado foi possível propagar e recordar as práticas de saúde e cuidado entre os colaboradores além de abrir o

diálogo para que todos pudessem participar da discussão e contribuir com suas experiências e dúvidas. Essa ação foi refletida ao se analisar o aumento do número de 88 novos relatos de recusa a tarefa durante o período comparado.

A classificação dos operadores com base nos resultados dos testes proporcionou uma abordagem personalizada para tomada de decisões e tratativas necessárias, fortalecendo a cultura de segurança adaptativa. A redução nas horas de operação paralisadas por falha do sistema Veltec reforçou a confiabilidade e eficiência da tecnologia implementada.

O acompanhamento da aderência na realização dos testes e as classificações encontradas ofereceram insights valiosos para ajustes contínuos e melhorias no sistema, destacando a importância da análise contínua para otimizar a eficácia das estratégias de segurança.

Conclui-se que a implantação do Sistema Atento na operação de mina não apenas contribui para a mitigação de riscos, especialmente relacionados à fadiga, mas também fortalece a cultura de segurança. As estratégias proativas e o uso de tecnologias inovadoras mostraram-se fundamentais para promover um ambiente de trabalho seguro e eficiente na indústria de mineração, com a continuidade das práticas e adaptação constante para sustentar e impulsionar a segurança a novos patamares na operação de mina.

Como sugestão para trabalhos futuros está o estudo a respeito do cronotipo de cada colaborador disponibilizado pelo sistema Atento aliado a definição do horário de turno em que ele opera. Com os resultados obtidos será viável realizar o cruzamento de dados sobre qual período cada trabalhador é mais ativo e qual turno é o mais indicado para sua operação. Juntando cronotipos e horários alinhados, pode-se identificar se há diminuição de testes anormais e jornadas com menos eventos de fadiga registrados. Além disso, uma nova visão pode ser abordada a partir do ranking de classificação de operadores ao se criar uma política de bonificação para os melhores condutores. Assim, o time se torna mais engajado em fazer o bom uso da nova ferramenta além de incentivar novos colegas sobre a importância do tema.



## REFERÊNCIAS

- CURI, Adilson Lavra de minas / Adilson Curi. -- São Paulo: Oficina de Textos, 2017.
- ALVES, Jefferson Walmir Almeida. Problemas crônicos de origem ocupacional: uma revisão de literatura. 2013. Faculdade Laboro - Medicina do Trabalho.
- BELLET, T., et al.. Real-time fatigue detection system based on driver's eye closure: a review. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 22(1), 1-22, 2018.
- DINGUS, T. A., et al.. The development of a fatigue detection technology: update on progress and preliminary findings. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 22, 190-197, 2014.
- GUEDES, Higor Vinícius Lopes. Redução dos impactos relacionados à troca de turno na operação de mina. 2022. 46 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Minas) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2022.
- HARTMAN, H. L.. MUTMANSKY, J. M. *Introductory Mining Engineering*. Wiley, 2002. ISBN: 978-0471348511.
- JOVANIS, P. P.; BHAT, C.. Behavioral analysis of fatigue and drowsy driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 16, 258-270, 2013.
- MABBOTT, N. A. et al. A review of fatigue detection technologies, their limitations and applications. *Accident Analysis & Prevention*, 82, 77-97, 2015.
- MAGNO, Alex Costa. O uso da tecnologia para o gerenciamento de fadiga com ênfase nas operações de mineração. 2022. Universidad Europea del Atlántico > Docencia > Trabajos finales de Máster. Disponível em: <https://repositorio.uneatlantico.es/id/eprint/2171>.
- PORTO, Pedro Henrique Evangelista et al... Gestão de fadiga de operadores de caminhões fora de estrada: estudo de caso em uma mina a céu aberto Disponível em: <https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2021/04/T-34-Leandro-Geraldo-Canaan-Silveira.pdf>.
- ZHOU, X., et al.. Investigating the effect of real-time driver fatigue detection technology on driving performance: a driving simulator study. *Accident Analysis & Prevention*, 138, 105474, 2020.
- OPTALERT. Manual do Condutor, c2012. Página inicial. Disponível em: <[www.optalert.com](http://www.optalert.com)> Acesso em: 28 de nov. de 2022
- VELTEC. Veltec Vsafe, c2019. Página inicial. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=SnQOfHmjs7U&ab\\_channel=Maur%C3%ADcioJardi](https://www.youtube.com/watch?v=SnQOfHmjs7U&ab_channel=Maur%C3%ADcioJardi) Acesso em: 28 de nov. de 2022
- SISTEMA ATENTO. Página inicial. Disponível em: <https://www.sistemaatento.com.br/> Acesso em: 28 de nov. de 2022