



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL

SIDIANA ELEN MARQUIS LEITE

SAÚDE E CONFORTO DO TRABALHO EM ARMAZÉM ESTRUTURADO

CUIABÁ - MT
2024

SIDIANA ELEN MARQUIS LEITE

SAÚDE E CONFORTO DO TRABALHO EM ARMAZÉM ESTRUTURADO

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso como requisito parcial para a obtenção do título de mestre Física Ambiental.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Flavia Maria de Moura Santos

**CUIABÁ-MT
2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

L533s Leite, Sidiana Elen Marquis.
Saúde e conforto do trabalho em armazém estruturado [recurso eletrônico] / Sidiana Elen Marquis Leite. -- Dados eletrônicos (1 arquivo : 44 f., il. color., pdf). -- 2024.

Orientadora: Flavia Maria de Moura Santos.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2024.

Modo de acesso: World Wide Web: <https://ri.ufmt.br>.
Inclui bibliografia.

1. Trabalho em armazém estruturado. 2. Baixa umidade do ar. 3. Trabalho em alta temperatura. I. Santos, Flavia Maria de Moura, *orientador*. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: SAÚDE E CONFORTO DO TRABALHO EM ARMAZÉM ESTRUTURADO

AUTORA: MESTRANDA SIDIANA ELEN MARQUIS LEITE

Dissertação defendida e aprovada em **10** de **DEZEMBRO** de **2024**.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

1. PROFA. DRA. FLAVIA MARIA DE MOURA SANTOS (Presidente Banca / ORIENTADORA)

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

2. PROF. DR. JOÃO BASSO MARQUES (Membro Interno)

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

3. PROFA. DRA. DORCAS FLORENTINO DE ARAÚJO (Membro Externo)

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

CUIABÁ, 10/12/2024.



Documento assinado eletronicamente por **MARCELO SACARDI BIUDES, Coordenador(a) de Programas de Pós-Graduação em Física Ambiental - IF/UFMT**, em 12/12/2024, às 08:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **FLAVIA MARIA DE MOURA SANTOS, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 12/12/2024, às 08:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **DORCAS FLORENTINO DE ARAUJO, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 12/12/2024, às 12:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **JOÃO BASSO MARQUES, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 13/12/2024, às 18:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **7468346** e o código CRC **1F697606**.

Referência: Processo nº 23108.092299/2024-01

SEI nº 7468346

Dedico este trabalho a Deus!
E a Minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao criador de todas as coisas do universo. A minha família.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental (PGFA), especialmente ao coordenador Prof. Dr. Marcelo Sacardi Biudes e minha orientadora Prof. Dr^a Flávia Maria de Moura Santos, por me ajudar neste momento tão delicado da minha vida.

Sou especialmente grata pela significativa ajuda recebida do laboratório de instrumentação do PGFA, sob a coordenação do Professor João Basso Marques, e dos alunos João Guilherme Daltro Pimentel e Everaldo Moreira Júnior. Sem o trabalho deles na fabricação e instalação dos sensores no local de pesquisa, não teríamos obtido os dados necessários para o estudo.

Agradeço também ao apoio da minha família e aos meus amigos Antônio Ramos Correia, Larissa Paulin, Vanusa Hoki e Roberta Daniela, que me acompanharam e me deram força para seguir em frente.

A minha família.

A Professora Dr^a Flávia Maria de Moura Santos.

A todo corpo docente do programa.

RESUMO

Este estudo aborda propostas de melhorias nas condições de trabalho dos colaboradores envolvidos nas operações de carga e descarga de adubos minerais, tanto a granel quanto acondicionados em "bags", com foco nas atividades realizadas em equipamentos rodantes e no pátio interno. O estudo enfoca questões relacionadas à saúde ocupacional e ao ambiente de trabalho, considerando fatores climáticos e as características das atividades desempenhadas. O Índice de Calor (IC) foi utilizado como parâmetro técnico para avaliação do conforto térmico, permitindo a análise da interação entre temperatura e conforto ambiental. A pesquisa investigou a resposta fisiológica dos trabalhadores às condições ambientais e analisou a aplicação das normas vigentes de segurança do trabalho, em especial a Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977, que exige ventilação natural ou artificial em conformidade com as condições de conforto térmico necessárias. A partir dos resultados, foram sugeridos intervalos de descanso ideais para os turnos laborais, visando minimizar os impactos adversos à saúde dos trabalhadores. Além disso, foi realizada uma análise detalhada das condições ambientais do Armazém Estruturado destinado ao armazenamento de adubos, com enfoque na segurança dos processos de manipulação e armazenagem desses produtos agrícolas. A abordagem enfatiza a importância de práticas seguras para a mitigação de riscos à saúde humana, à integridade física dos colaboradores e à proteção patrimonial. Essa perspectiva é alinhada à estratégia de preservação da segurança alimentar nacional. Por fim, a dissertação ressalta a relevância da avaliação dos riscos operacionais associados às atividades desenvolvidas no ambiente em questão, contribuindo para o aprimoramento das condições laborais e para o desenvolvimento de soluções práticas e normativamente embasadas para os desafios identificados.

Palavras-chave: Trabalho em Armazém Estruturado, Baixa umidade do ar, Trabalho em alta temperatura.

ABSTRACT

This dissertation addresses proposals for improving the working conditions of employees involved in loading and unloading mineral fertilizers, both in bulk and in bags, with a focus on activities performed on rolling equipment and in the internal yard. The study focuses on issues related to occupational health and the work environment, considering climatic factors and the characteristics of the activities performed. The Heat Index (HI) was used as a technical parameter to assess thermal comfort, allowing the analysis of the interaction between temperature and environmental comfort. The research investigated the physiological response of workers to environmental conditions and analyzed the application of current occupational safety standards, in particular Law No. 6,514 of December 22, 1977, which requires natural or artificial ventilation in accordance with the necessary thermal comfort conditions. Based on the results, ideal rest intervals were suggested for work shifts, aiming to minimize adverse impacts on workers' health. In addition, a detailed analysis of the environmental conditions of the Structured Warehouse used for the storage of fertilizers was carried out, with a focus on the safety of the handling and storage processes of these agricultural products. The approach emphasizes the importance of safe practices to mitigate risks to human health, the physical integrity of employees and the protection of assets. This perspective is aligned with the strategy for preserving national food security. Finally, the dissertation highlights the relevance of assessing the operational risks associated with the activities carried out in the environment in question, contributing to the improvement of working conditions and the development of practical and normatively based solutions for the challenges identified.

Keywords: Work in Structured Warehouse, Low air humidity, Work at high temperature.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Estado de aderência de poeira no capacete do trabalhador após jornada de trabalho de 1h.	18
Figura 2 - A Pá carregadeira acoplada a uma vassoura mecânica (a) e pá carregadeira disposta de um remontador de 11 metros de comprimento para otimizar o espaço do armazém aumentando a altura do depósito (b).....	22
Figura 3 - Uma empilhadeira em ação de enchimento de bags de adubo.	22
Figura 4 - Operador de pátio, em uma operação típica denominada “acerto de peso” feito pelo operador de balança rodoviária.....	23
Figura 5 - Mapa de Localização do Município de Rondonópolis.	28
Figura 6 - Armazém estudado.	31
Figura 7 - Localização dos sensores instalados no armazém estruturado	34
Figura 8 - Nível de alerta e descrição de possíveis consequências fisiológicas ao corpo humano conforme o IC.	35
Figura 9 - Análise termohigrométrica nos meses de julho, agosto e setembro.	38
Figura 10 - Índice de calor.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Registros de Temperatura média máxima (°C) e Umidade Média (%) conforme Monitoramento INMET nos meses de julho, agosto e setembro de 2023.....	20
Tabela 2- Limites de tolerância para exposição ao calor.....	25
Tabela 3 - Taxa metabólica em função do tipo de atividade	26
Tabela 4 - Medidas de controle	27
Tabela 5 - Valores estimados de IC e classificação do nível de alerta do armazém 02, nos períodos estudados.....	40

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	Problemática	13
1.2	Justificativa.....	14
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1	Manejo dos Grãos.....	16
2.1.1	<i>Etapas do Manejo dos Grãos</i>	16
2.1.2	<i>Fase Pré-Exploratória</i>	17
2.1.3	<i>Fase Exploratória</i>	19
2.1.4	<i>Fase Pós – Exploratória</i>	19
2.2	Condições Ambientais.....	19
2.3	Segurança e Saúde Ocupacional.....	21
2.4	Posto de Trabalho	21
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1	Descrição e localização da área de estudo.....	28
3.2	Variáveis de Pesquisa	31
3.2.1	<i>Variáveis Quantitativas</i>	31
3.2.2	<i>Variáveis Qualitativas</i>	32
3.2.3	<i>Relação com as Variáveis Quantitativas</i>	33
3.3	Dados climáticos.....	33
3.4	Cálculo do Índice de Calor (IC)	35
3.5	Estratégias para Mitigar os Efeitos da Umidade no IC	36
3.6	Recomendações para Evitar Riscos de Acidentes Relacionados ao Índice de Calor (IC) 36	
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
4.1	Análise termo higrométrica	38
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
	REFERÊNCIAS	43

1. INTRODUÇÃO

1.1 Problemática

O sistema operacional relacionado ao armazenamento e manuseio de diferentes tipos de adubos, abrangendo atividades como descarga, armazenamento e carregamento para entrega, envolve diretamente os colaboradores responsáveis por essas tarefas. Em Rondonópolis, as condições climáticas adversas, caracterizadas por altas temperaturas, poeira em suspensão e baixa umidade, especialmente durante a estação seca, impactam de maneira significativa as condições de trabalho desses profissionais.

A cidade de Rondonópolis se localiza, geograficamente, na Região Sul do Estado de Mato Grosso, situa-se a uma distância de 210 Km da capital, Cuiabá, e representa cerca de 0,48% da área total do Estado, com uma área de 4.824,020km², sendo sua população residente 244.911 pessoas (IBGE, 2022).

O clima desempenha um papel fundamental no desempenho dos trabalhadores, influenciando diretamente sua produtividade, motivação e saúde. Exposições prolongadas a condições extremas, como calor intenso, podem comprometer a capacidade de concentração, aumentar o estresse e, em casos mais graves, ocasionar problemas de saúde como desidratação, fadiga térmica e doenças relacionadas ao calor. Adicionalmente, fatores como baixa qualidade do sono, menor engajamento no trabalho e dificuldades de interação interpessoal são frequentemente agravados por condições climáticas desfavoráveis.

Diante disso, garantir o bem-estar e a saúde dos trabalhadores expostos a ambientes com condições climáticas severas torna-se um desafio crucial. A utilização de ferramentas como o Índice de Calor (IC), que combina a temperatura do ar com a umidade relativa para estimar a sensação térmica percebida, é essencial para compreender os níveis de risco e orientar a adoção de medidas preventivas. Esse índice se torna particularmente relevante em contextos onde a umidade elevada dificulta a evaporação do suor, reduzindo a eficiência do mecanismo natural de resfriamento do corpo humano.

Assim, a análise do desempenho térmico nos ambientes de armazenamento estruturado emerge como uma estratégia indispensável para identificar os períodos de maior vulnerabilidade. A questão primordial é como gerir esses fatores ambientais de maneira eficiente, protegendo a saúde dos trabalhadores e, simultaneamente, garantindo a produtividade e a continuidade das operações no armazém. O enfrentamento dessa problemática requer a

implementação de soluções que promovam um ambiente de trabalho mais seguro, saudável e adaptado às demandas climáticas locais.

1.2 Justificativa

A saúde e o conforto no trabalho em ambientes como armazéns estruturados são questões fundamentais para a garantia de operações eficientes e sustentáveis. No caso específico de Rondonópolis, uma região com clima caracterizado por temperaturas extremas, que variam entre 41,98°C e 46,08°C, e uma umidade relativa do ar frequentemente baixa, essas condições representam desafios significativos para a saúde e o desempenho dos trabalhadores. A exposição prolongada a esse ambiente pode levar a problemas como desidratação, irritações respiratórias e cutâneas, desmaios e exaustão térmica, comprometendo tanto a saúde dos colaboradores quanto a produtividade das operações.

O município de Rondonópolis, como um polo agrícola e logístico estratégico, desempenha papel crucial no desenvolvimento econômico da região e no suporte à segurança alimentar nacional. Nesse contexto, o armazém estruturado para a expedição de adubos granulares é um componente vital da cadeia logística. Contudo, as atividades realizadas nesse ambiente, como peneiramento e manuseio dos produtos, são potencialmente perigosas devido à combinação de poeira em suspensão, altas temperaturas e baixa umidade, fatores que afetam diretamente o bem-estar e o desempenho dos trabalhadores.

A análise do Índice de Calor (IC), uma medida que relaciona temperatura e umidade para avaliar a sensação térmica percebida, é essencial para entender como essas condições ambientais impactam os trabalhadores. Esse estudo se fundamenta na necessidade de identificar, mitigar ou eliminar os riscos relacionados ao ambiente de trabalho, alinhando-se às diretrizes das normas de saúde e segurança ocupacional, incluindo o Programa de Gerenciamento de Risco (PGR).

A relevância do presente estudo está em sua capacidade de contribuir para o aprimoramento das condições laborais, promovendo um ambiente de trabalho mais seguro e saudável. Essa abordagem é especialmente importante para regiões de clima extremo, onde os riscos ambientais são amplificados, e os impactos negativos sobre a saúde dos trabalhadores podem levar a prejuízos operacionais significativos.

Portanto, esta dissertação apresenta-se como uma contribuição essencial para o campo da saúde ocupacional e da gestão ambiental em ambientes de trabalho, fornecendo dados e soluções práticas para minimizar os danos à saúde dos colaboradores e melhorar a eficiência

das operações. Ao abordar a antecipação e mitigação de patologias relacionadas às condições climáticas, o trabalho não apenas busca preservar a saúde dos trabalhadores, mas também otimizar o desempenho das operações logísticas, beneficiando diretamente as empresas e a economia regional.

Desta forma, a leitura deste trabalho é imprescindível para profissionais, gestores e pesquisadores interessados em desenvolver práticas laborais mais seguras e eficientes, especialmente em regiões que enfrentam desafios climáticos semelhantes.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica aborda os processos operacionais que compõem as atividades de descarga, armazenamento, carga e expedição de adubos granulares, essenciais para garantir a eficiência e a segurança na movimentação deste insumo.

2.1 Manejo dos Grãos

2.1.1 *Etapas do Manejo dos Grãos*

O recebimento de adubos pode ocorrer em duas modalidades: a granel e envasado. O produto a granel requer um cuidado especial durante as etapas de descarga e manuseio. Este procedimento é realizado, predominantemente, por caminhões basculantes, como os bi trens do tipo “*dolly*” e os menores monocarrocerias, conhecidos popularmente como “*virinhas*”.

A descarga a granel é facilitada pelas características específicas dos veículos, que são projetados para essa operação. No entanto, é fundamental garantir a estanqueidade do armazém, especialmente durante a estação chuvosa, para evitar contaminações. Ademais, a organização interna do armazém deve ser otimizada para promover um manuseio eficiente e seguro do produto. O operador de armazém, responsável pela supervisão da descarga, deve estar sempre atento às melhores práticas de segurança. Outra forma de recebimento é a de produtos envasados em “*big bags*”, com peso regularizado de 1000 kg, que exigem uma abordagem diferenciada.

Após o recebimento, o produto permanece armazenado no armazém por um período definido pelo cliente. O pedido de remoção pode ser realizado tanto a granel quanto em bags. O carregamento do produto a granel exige o uso de pá carregadeira, que pode ser operada dentro ou fora do armazém, seguido pela pesagem na balança rodoviária de expedição. Neste contexto, o operador de pátio tem uma atuação limitada, uma vez que a responsabilidade recai majoritariamente sobre o condutor do veículo e o operador da pá carregadeira.

Já o carregamento de produtos envasados, por sua vez, envolve o uso de empilhadeiras, o que aumenta o risco de acidentes, como atropelamentos, além da exposição dos operadores a condições climáticas adversas, como altas temperaturas e baixa umidade do ar.

Enquanto o carregamento de produtos a granel em “*bags*” é particularmente complexo. Este processo demanda a pesagem do produto simultaneamente ao envasamento, utilizando um

dispositivo que combina balança e funil. Aqui, os riscos se intensificam como altas temperaturas e partículas finas do adubo suspensas no ar.

Diante dessa realidade, é crucial adotar medidas rigorosas de proteção para todos os trabalhadores que adentram o armazém, independentemente de sua função. Equipamentos de proteção individual (EPIs) e coletivos (EPCs) devem ser disponibilizados e utilizados de forma adequada, visando mitigar os riscos à saúde.

2.1.2 Fase Pré-Exploratória

A fase pré-exploratória é o estágio inicial da análise, onde realiza-se estudos preliminares para entender as condições do ambiente onde o armazém está inserido. Nesta fase, o foco é na coleta de dados climáticos e ambientais, além da identificação de riscos associados às operações.

A análise do desempenho térmico e dos riscos ambientais do armazém para expedição de adubos granulados (armazém em estudo) revela diversos riscos que podem impactar a saúde dos trabalhadores, a qualidade dos produtos e a eficiência operacional. Esses riscos podem ser classificados em várias categorias: como riscos térmicos, ambientais, umidade elevada, químicos, psicossociais.

Como riscos térmicos tem-se o estresse térmico, causado devido à exposição a temperaturas elevadas e umidade, os trabalhadores podem sofrer estresse térmico, o que pode resultar em condições como exaustão pelo calor ou insolação. O **Índice de Calor (IC)** é uma ferramenta útil para monitorar esse risco, pois combina temperatura e umidade para avaliar a sensação térmica e o impacto do calor no corpo humano.

Outro risco é a desidratação, que em ambientes quentes, ocorre a perda excessiva de fluidos pode ocorrer rapidamente, resultando em desidratação. Isso não só compromete a saúde dos trabalhadores, mas também pode reduzir a produtividade e aumentar o risco de acidentes.

Como riscos ambientais, tem-se que monitorar a qualidade do ar, verificar a presença de poeira, partículas e agentes biológicos (como fungos e bactérias), os quais dependendo da concentração pode comprometer a qualidade do ar dentro do armazém. A exposição prolongada a esses contaminantes pode causar problemas respiratórios e alergias nos trabalhadores, como pode ser observada na imagem da Figura 1.



Figura 1 Estado de aderência de poeira no capacete do trabalhador após jornada de trabalho de 1h.
Fonte: Registrada pela autora

Outra situação a ser monitorada é a umidade excessiva, pois pode não apenas afetar a saúde dos trabalhadores, mas também causar deterioração dos adubos armazenados, comprometendo sua eficácia. Além disso, pode favorecer o crescimento de fungos e outras contaminações.

Quanto aos riscos de segurança do trabalhador, tem-se os de acidentes como quedas de materiais, devido ao *layout* do armazém e a movimentação de cargas podem apresentar riscos de quedas de materiais e consequentemente resultar em acidentes. Para tanto, deve serem realizadas as sinalizações de segurança, pois a ausência de sinalização adequada aumenta esses riscos de acidentes.

Para o manuseio de materiais, o transporte e a manipulação de adubos granulados podem representar riscos de lesões musculoesqueléticas, especialmente se não forem adotadas práticas adequadas de ergonomia. Assim, o uso inadequado de equipamentos de proteção individual (EPIs) também aumenta esses riscos.

E ainda, a exposição a produtos químicos como os adubos, que contém uma diversidade de substâncias químicas que, se inaladas ou em contato com a pele, podem causar reações adversas. É importante que os trabalhadores sejam informados sobre as propriedades dos produtos que manuseiam e que utilizem EPIs adequados.

Outro risco é o estresse e a fadiga, ocasionadas em condições ambientais desfavoráveis, como calor excessivo e umidade, podem impactar na saúde mental e emocional do trabalhador. Um ambiente de trabalho que não prioriza o conforto pode levar a um aumento das queixas e diminuição da motivação.

2.1.3 Fase Exploratória

Na fase exploratória são levantados a coleta de dados empíricos e a realização de medições diretas no ambiente de trabalho. É uma etapa crítica para verificar as hipóteses levantadas na fase pré-exploratória.

As medições ambientais ocorrem a partir de dados reais coletados relativo a temperatura, umidade e outros parâmetros ambientais dentro do armazém durante as operações. Inclui medições contínuas ao longo do dia para capturar variações nas condições térmicas.

Já a análise do desempenho térmico é realizada com a aplicação do Índice de Calor (IC) nos dados coletados durante a operação. Essa análise permite avaliar as condições térmicas reais enfrentadas pelos trabalhadores e identificar períodos de estresse térmico.

Além da observação das condições de trabalho, realizada a partir da análise das práticas operacionais e comportamentais dos trabalhadores, que possibilita a identificação de áreas críticas onde os riscos são mais elevados.

2.1.4 Fase Pós – Exploratória

A fase pós-exploratória é a etapa final, onde os dados coletados e analisados nas fases anteriores foram utilizados para formular recomendações e estratégias de melhoria.

As operações no pátio de estocagem do armazém estruturado para adubos granulados são cruciais para garantir a eficiência e a segurança na movimentação e conservação dos produtos. Esta fase do processo de logística requer atenção especial ao desempenho térmico e aos riscos ambientais, visto que as condições de trabalho podem impactar diretamente tanto a qualidade do adubo quanto a saúde dos trabalhadores.

Enquanto a fase de estrutura do pátio de estocagem deve ser projetada para facilitar a movimentação dos adubos, com espaço adequado para a manobra de equipamentos e para o armazenamento temporário dos produtos. A disposição do pátio permite a separação dos diferentes tipos de adubos, evitando contaminação cruzada e facilitando a carga e descarga.

2.2 Condições Ambientais

As condições climáticas, como temperatura do ar e umidade do ar, devem ser monitoradas continuamente, pois influenciam a qualidade dos adubos e a saúde e segurança dos

trabalhadores. O material utilizado na cobertura como lonas, são necessários para proteger os adubos da exposição direta ao sol e à chuva. Os registros de temperatura média máxima, realizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) nos meses de julho a setembro de 2023 estão na tabela 1 a seguir.

Tabela 1 - Registros de Temperatura média máxima (°C) e Umidade Média (%) conforme Monitoramento INMET nos meses de julho, agosto e setembro de 2023.

Mês	TEMPERATURA MÉDIA MÁXIMA (°C)	UMIDADE MÉDIA %
Julho	34,2	59,1
Agosto	36,6	51,6
Setembro	38,2	56,5

Fonte: INMET (2024).

Durante essas operações, é crucial atentar-se para riscos como poeira gerada durante o manuseio, bem como a exposição dos trabalhadores a altas temperaturas. A poeira pode afetar a qualidade do ar e a saúde dos operadores, tornando necessário o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), como máscaras respiratórias.

O desempenho térmico no pátio de estocagem é uma preocupação central, especialmente em dias quentes, assim, o Índice de Calor (IC) pode ser utilizado para avaliar essas condições térmicas enfrentadas pelos trabalhadores durante as operações.

A implementação do Índice de Calor (IC) permite realizar as seguintes avaliações:

- a) Identificação de períodos críticos, que consiste em reconhecer os horários do dia em que as condições térmicas são mais desfavoráveis, possibilitando a programação de pausas e revezamentos.
- b) Ajustes nas Operações, o qual significa implementar alterações nas rotinas de trabalho, como evitar atividades intensas em horários de pico de calor.
- c) Melhoria nas condições de trabalho, para garantir que os trabalhadores tenham acesso a água, áreas sombreadas e descanso adequado, minimizando o risco de estresse térmico.

Dessa forma, a análise do desempenho térmico, por meio do uso do Índice de Calor, permite identificar pontos críticos no ambiente de trabalho, possibilitando a adoção de medidas mitigadoras que assegurem a saúde dos trabalhadores e a eficiência operacional do armazém. A implementação de estratégias como ventilação adequada, controle da umidade e formação de equipes de saúde e segurança é imprescindível para garantir um ambiente de trabalho seguro e saudável.

2.3 Segurança e Saúde Ocupacional

A segurança dos trabalhadores no armazém estruturado é prioridade e envolve: treinamento regulares, que visam capacitar os trabalhadores para operar os equipamentos de maneira segura e para reconhecer os riscos ambientais, verificar a sinalização adequada, por meio de implementação de sinalização como, por exemplo, demarcar áreas de circulação, zonas de risco e instruções de segurança. Como também, realizar avaliações periódicas dos riscos presentes nas operações, ajustando procedimentos e práticas conforme necessário.

As operações no pátio de estocagem em armazéns estruturados para adubos granulados demandam uma abordagem meticulosa, considerando o desempenho térmico e os riscos ambientais. A implementação de práticas seguras, o monitoramento das condições térmicas e a capacitação dos trabalhadores são fundamentais para garantir não apenas a eficiência operacional, mas também a saúde e o bem-estar dos funcionários envolvidos no manejo dos adubos. A gestão eficaz dessas operações contribui para a qualidade do produto e a sustentabilidade das práticas logísticas no setor agrícola.

2.4 Posto de Trabalho

O posto de trabalho, no contexto da expedição de adubos granulados, é definido como o espaço onde os profissionais desempenham suas funções, cada um com atribuições específicas de acordo com sua categoria. A eficiência e a segurança deste ambiente são fundamentais para garantir um desempenho térmico adequado e minimizar os riscos ambientais associados ao manuseio de adubos.

Os postos de trabalho do armazém de adubos devem ser organizados de forma a otimizar a fluidez das operações e assegurar a segurança dos trabalhadores. Isso inclui a disposição estratégica de equipamentos, como empilhadeiras, balanças e pá carregadeiras, que devem ser facilmente acessíveis. A sinalização adequada e a delimitação de áreas de circulação são essenciais para prevenir acidentes e garantir a eficiência nas movimentações.

Relativo as atribuições, os trabalhadores envolvidos no processo de expedição de adubos desempenham diversas funções, que podem ser categorizadas como operador de armazém, operador de pá carregadeira, entre outros.

O Operador de Armazém é responsável pela supervisão do recebimento e armazenagem do produto, bem como pela segurança durante a descarga. Este profissional deve estar apto a identificar e solucionar problemas que possam surgir durante as operações.

Já Operador de Pá Carregadeira (Figura 2): Encarregado do carregamento do produto a granel. Este trabalhador precisa estar bem treinado nas manobras da máquina, garantindo a precisão e a segurança na movimentação do adubo.



Figura 2 - A Pá carregadeira acoplada a uma vassoura mecânica (a) e pá carregadeira disposta de um remontador de 11 metros de comprimento para otimizar o espaço do armazém aumentando a altura do depósito (b).

Operador de Empilhadeira (Figura 3), atua no carregamento de produtos envasados. Este profissional deve ser cauteloso em relação ao seu entorno para evitar acidentes, especialmente em áreas de alta circulação.



Figura 3 - Uma empilhadeira em ação de enchimento de bags de adubo.

Operador de Balança (Figura 4), é responsável pela pesagem do produto, tem como função crucial garantir que as quantidades corretas sejam expedidas, além de assegurar a conformidade com as regulamentações vigentes.



Figura 4 - Operador de pátio, em uma operação típica denominada “acerto de peso” feito pelo operador de balança rodoviária.

Enquanto o Técnico de Segurança do Trabalho atua na identificação e mitigação de riscos, promovendo treinamentos e supervisionando o uso adequado de EPIs e EPCs. Este profissional é vital para a criação de um ambiente seguro e saudável.

Os postos de trabalho do armazém de adubos em estudo, enfrenta desafios relacionados ao desempenho térmico e às condições ambientais, e a exposição a altas temperaturas, umidade e a presença de partículas finas de adubo no ar pode afetar a saúde dos trabalhadores. Portanto, é imperativo que as condições de trabalho sejam monitoradas, garantindo que medidas preventivas, como ventilação adequada e descanso regular, sejam implementadas.

A definição e organização eficaz dos postos de trabalho são essenciais para a segurança e eficiência nas operações de expedição de adubos granulares. A clareza nas atribuições de cada profissional, aliada a um ambiente de trabalho seguro e bem estruturado, contribui para a mitigação de riscos e para a otimização do desempenho térmico, garantindo a integridade dos trabalhadores e a eficácia dos processos operacionais.

2.4 Atividades Insalubres

A insalubridade no ambiente de trabalho é caracterizada pela presença de condições que possam comprometer a saúde dos trabalhadores. No contexto deste estudo, que analisa o desempenho térmico e os riscos ambientais do armazém estruturado em estudo para a expedição de adubos granulados, a insalubridade assume um papel central, uma vez que as atividades

desempenhadas neste local estão intrinsecamente ligadas à exposição a agentes nocivos. Os limites de tolerância para esses agentes são estabelecidos por normas regulamentadoras, sendo a Normas Regulamentadoras – NR 09 uma das principais diretrizes, que orienta a avaliação das exposições ocupacionais a agentes físicos, químicos e biológicos (BRASIL, 2024).

De acordo com a Norma Regulamentadora (NR) nº 9, as exposições devem ser identificadas no Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR), conforme estabelecido na Normas Regulamentadora (NR) nº 1, que visa a implementação de medidas preventivas adequadas. A insalubridade, além de implicar na obrigatoriedade de avaliações rigorosas, também resulta em acréscimos remunerativos, conhecidos como adicionais de insalubridade e periculosidade, que podem variar de 10% a 40% do salário, dependendo do grau de exposição e da natureza dos riscos envolvidos. É importante destacar que certas atividades, como o abastecimento de combustíveis e a limpeza de sanitários, são automaticamente consideradas insalubres, independentemente da análise específica.

O artigo 192 da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) fornece diretrizes sobre as condições que determinam a classificação e o enquadramento da insalubridade. Neste estudo de caso, os agentes de risco mais relevantes, conforme identificado pelo PGR, incluem agentes físicos e químicos, além de riscos relacionados a acidentes operacionais, como o manuseio de pá carregadeiras, empilhadeiras e caminhões, bem como o risco de desmoronamento de bags sobre os trabalhadores.

Os agentes físicos são os mais prevalentes no ambiente analisado e estão interligados em um conjunto que abrange temperatura elevada, baixa umidade, ruídos provenientes de motores e poeira suspensa no ar. Esses fatores configuram um cenário de insalubridade que pode afetar significativamente o conforto e a saúde dos colaboradores. A exposição a temperaturas extremas, aliada à umidade inadequada e ao barulho constante, representa um risco ocupacional substancial, que deve ser monitorado e gerenciado de forma efetiva.

2.4.1. - Limite de Tolerância

O limite de tolerância refere-se à faixa máxima de exposição ao calor que os trabalhadores podem suportar sem que haja comprometimento significativo de sua saúde e segurança, conforme estabelecido pela Norma Regulamentadora - NR 15. Este limite é determinado com base em parâmetros climáticos e fisiológicos, com o objetivo de prevenir a ocorrência de doenças relacionadas ao calor, que podem incluir desde desconforto térmico até condições mais graves, como a insolação.

No contexto, o armazém estruturado para expedição de adubos granulados, é crucial que as condições térmicas sejam constantemente monitoradas e avaliadas. A análise do desempenho térmico, aliada ao uso do Índice de Temperatura Equivalente Fisiológica (PET), fornece uma ferramenta robusta para a determinação do limite de tolerância em ambientes de trabalho. O PET, ao integrar variáveis como temperatura do ar, umidade relativa e radiação solar, oferece uma visão mais holística do estresse térmico enfrentado pelos trabalhadores.

Portanto, a definição e o monitoramento rigoroso dos limites de tolerância, em conformidade com as diretrizes da NR 15 e respaldados pelo uso do PET, são essenciais para a proteção da saúde dos trabalhadores no armazém de adubos granulados, assegurando não apenas a conformidade legal, mas também a promoção do bem-estar e da produtividade no ambiente laboral, como pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2- Limites de tolerância para exposição ao calor.

Regime de trabalho intermitente com descanso no próprio local de trabalho (por hora)	TIPO DE ATIVIDADE		
	Leve	Moderada	Pesada
Trabalho contínuo	Até 30,0	Até 26,7	Até 25,0
45 minutos trabalho 15 minutos descanso	30,1 a 30,6	26,8 a 28,0	25,1 a 25,9
30 minutos trabalho 30 minutos descanso	30,7 a 31,4	28,1 a 29,4	26,0 a 27,9
15 minutos trabalho 45 minutos descanso	31,5 a 32,2	29,5 a 31,1	28,0 a 30,0
Não é permitido o trabalho sem a adoção de medidas adequadas de controle	Acima de 32,2	Acima de 31,1	Acima de 30,0

Fonte: BRASIL (2024).

Os períodos de descanso serão considerados tempo de serviço para os efeitos legais. A determinação de tipo de atividade (leve, moderada ou pesada) é feita conforme determinada em norma (Tabela 3).

Tabela 3 - Taxa metabólica em função do tipo de atividade

TIPO DE ATIVIDADE	Kcal/h
Sentado em Repouso	100
TRABALHO LEVE	
Sentado, movimentos moderados com braços e troncos (ex: datilografia)	125
Sentado, movimentos moderados com braços e pernas (ex: dirigir)	150
De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, principalmente com os braços	150
TRABALHO MODERADO	
Sentado, movimentos vigorosos com braços e pernas	180
De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, com alguma movimentação	175
De pé, trabalho moderado em máquina ou bancada, com alguma movimentação	220
Em movimento, trabalho moderado de levantar ou empurrar	300
TRABALHO PESADO	
Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos (ex.: remoção com pá)	440
Trabalho fatigante	550

Fonte: (BRASIL, 2024)

2.4.2. - Medidas de Controle

As medidas de controle em um armazém destinado à expedição de adubos granulares são fundamentais para garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores. A implementação do Programa de Gerenciamento de Risco (PGR) é uma etapa crucial, uma vez que estabelece diretrizes para a identificação e mitigação de riscos associados ao ambiente de trabalho.

Uma das principais estratégias de controle envolve a realização de exames admissionais e demissionais. Esses exames são essenciais para assegurar que os trabalhadores estejam aptos para a função, permitindo a manutenção da saúde e a prevenção de lesões. Os atestados médicos resultantes desses exames servem para verificar se não houve agravamento à saúde dos funcionários saudáveis e para monitorar possíveis alterações em trabalhadores com patologias já conhecidas.

As medidas de controle, quando bem executadas, contribuem para a criação de um ambiente de trabalho seguro e saudável, reduzindo a incidência de problemas de saúde e aumentando a eficiência operacional no armazém (Tabela 4).

Tabela 4 - Medidas de controle

FATOR	MEDIDA RELATIVA AO AMBIENTE	MEDIDA RELATIVA AO HOMEM
CALOR RADIANTE	Adoção de anteparos refletivos ou absorventes.	Aclimação;
VALOR DE CONVECÇÃO	Ventilação geral diluidora;	Limitação do tempo de
	Ventilação local exaustor;	exposição;
	Ventilação natural.	Rodízio de trabalhador; Educação sanitária;
CALOR DE CONDUÇÃO	Isolamento entre a superfície de contato;	Exames médicos;
CALOR POR METABOLISMO	Diminuição do esforço do trabalhador;	Ingestão de água-sal;
	Automatização do ritmo.	Uso de EPIs

Fonte: RODRIGUES (2012)

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição e localização da área de estudo

A cidade de Rondonópolis se localiza, geograficamente, na Região Sul do Estado de Mato Grosso, situa-se a uma distância de 210 Km da capital, Cuiabá, e representa cerca de 0,48% da área total do Estado, com uma área de 4.824,020km², com população residente de 244.911 pessoas (IBGE, 2024).

É caracterizada por um regime climático classificado como Aw segundo a classificação de Köppen, ou seja, um clima tropical continental quente (Figura 6). A cidade apresenta duas estações bem definidas: a estação seca, que ocorre de maio a setembro, e a estação chuvosa, que vai de outubro a abril. De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), desde o início do monitoramento climático em 1995, a menor temperatura registrada foi de 3,3°C, no dia 1º de julho de 2021, e a maior temperatura alcançou 43,5°C em 5 de outubro de 2020. Rondonópolis é um centro urbano banhado pelo Rio Vermelho, que, durante a estação chuvosa, pode ocasionar inundações (ALVARES et al., 2013; INMET, 2024).

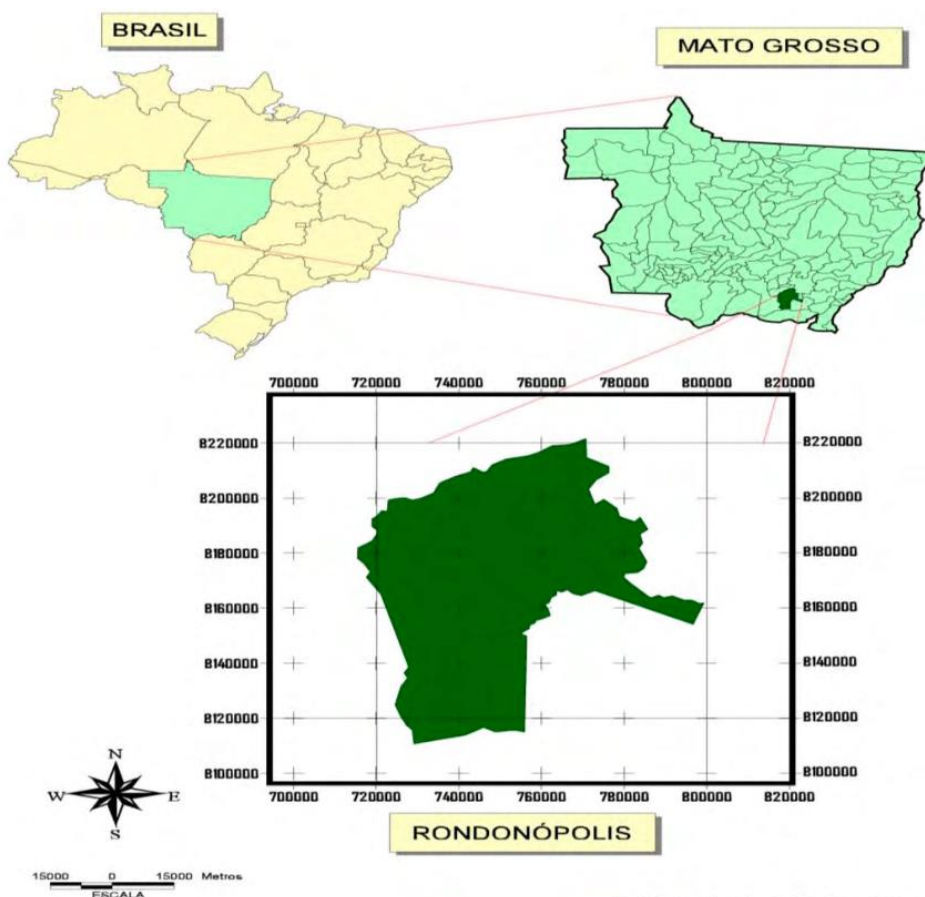


Figura 5 - Mapa de Localização do Município de Rondonópolis.

Fonte: MATO GROSSO (2017). Base Cartográfica de MT, SEMA. 2017.

O município de Rondonópolis está localizado na porção Sudeste do Estado de Mato Grosso, à 215 km da capital Cuiabá, no eixo de duas importantes rodovias federais (BR-163 e BR-364) e configura-se como um dos principais eixos de ligação entre a região amazônica e a região centro sul do país. Devido a sua posição estratégica passou a exercer papel significativo no cenário econômico regional e no escoamento da produção de grãos de todo o estado (DUARTE, 2016)

O município é notoriamente caracterizado por temperaturas médias elevadas, especialmente durante as estações da primavera e verão, o que confere a Rondonópolis uma característica de clima megatérmico. A cidade se destaca pela sua vocação agrícola, especialmente na produção de grãos, que ocupa grandes áreas dedicadas à monocultura e à pecuária. Além disso, o município apresenta um intenso comércio e um promissor mercado imobiliário, com crescente verticalização e desenvolvimento de condomínios horizontais (MENDONÇA, 2000, p. 167).

O clima constitui-se numa das dimensões do ambiente urbano e oferece importantes contribuições à questão ambiental das cidades. Portanto, "o clima urbano é derivado da alteração da paisagem natural e da sua substituição por um ambiente construído, palco de intensas atividades humanas".

Dada sua forte ligação com a agricultura e as atividades rurais, a dinâmica urbana de Rondonópolis está intimamente associada ao apoio de setores industriais, comerciais e às diversas atividades relacionadas ao agronegócio. A cidade é também favorecida pela presença de um terminal ferroviário, que não só impulsiona o crescimento local, mas também contribui para o desenvolvimento do estado de Mato Grosso como um todo. Esse terminal integra-se a um sistema logístico abrangente, envolvendo transporte marítimo, ferroviário, terrestre e, novamente, marítimo, especialmente no que diz respeito ao recebimento de mercadorias, como adubos, nos portos do litoral leste do Brasil, com posterior trânsito até o porto de Miritituba, no estado do Pará. Esse extenso trajeto, envolvendo vários modais de transporte, facilita o fluxo de insumos, máquinas e grãos, impulsionando o mercado local e regional.

O município de Rondonópolis também se destaca pelo seu caráter atrativo a imigrantes de diversas partes do Brasil, especialmente de estados nordestinos, que buscam melhores condições de trabalho e emprego. A garantia de empregos e renda estabilizados, aliada à infraestrutura urbana existente, sustenta um nicho econômico robusto no município, gerando um cenário favorável ao crescimento de vários setores econômicos. Entre esses, destacam-se os empreendimentos imobiliários, a expansão dos serviços médicos e hospitalares, o crescimento da educação (com a criação recente da Universidade Federal de Rondonópolis e o

aumento das universidades particulares), além da prestação de serviços nas diversas áreas urbanas e rurais. O comércio é outro setor que se destaca, contribuindo para a prosperidade contínua e o desenvolvimento de Rondonópolis.

Dentro deste contexto dinâmico e promissor, o estudo se concentra em uma das atividades econômicas cruciais para o município: o armazenamento de adubos. Este processo envolve o recebimento de grandes volumes de minerais provenientes dos portos de Santos e Paranaguá, transportados por ferrovia. O armazenamento atende a grandes empresas do setor de comércio de adubos, constituindo uma cadeia operacional que abrange desde o recebimento até o envasamento ou a entrega a granel. A natureza das operações internas dentro das unidades de armazenamento pode variar conforme os requisitos dos clientes, refletindo a flexibilidade e a complexidade dessa atividade dentro do contexto econômico local.

O armazém estruturado em estudo, localizado na cidade de Rondonópolis, é um ponto estratégico no processo de expedição de adubos granulados. Este armazém desempenha um papel crucial no recebimento, armazenamento e distribuição de adubos, servindo a grandes empresas do setor agrícola, que demandam elevados volumes de insumos para a produção de grãos e outros produtos. Devido à sua importância logística e à grande quantidade de produtos armazenados, o controle das condições ambientais dentro do armazém torna-se uma prioridade, tanto para garantir a qualidade dos produtos armazenados quanto para assegurar a saúde e o bem-estar dos trabalhadores envolvidos nas operações.

Portanto, o armazém em estudo não é apenas um centro logístico, mas um ambiente que exige cuidados contínuos com a saúde ocupacional e a qualidade dos produtos, sendo crucial o acompanhamento constante das condições ambientais internas, especialmente nas épocas de maior calor, para garantir tanto a segurança dos trabalhadores quanto a eficiência do processo de expedição de adubos granulados (Figura 6).



Figura 6 - Armazém estudado.

3.2 Variáveis de Pesquisa

3.2.1 Variáveis Quantitativas

As variáveis quantitativas analisadas neste estudo referem-se a dois aspectos fundamentais do ambiente de trabalho no armazém: temperatura do ar e umidade relativa do ar. Essas variáveis são cruciais para a avaliação do desempenho térmico e dos riscos ambientais, influenciando diretamente a saúde e o conforto dos trabalhadores.

A temperatura do ar foi monitorada em intervalos de 60 segundos utilizando sensores de alta precisão. Esse registro contínuo permite uma análise detalhada das flutuações térmicas ao longo do dia, considerando diferentes condições climáticas e horários. A temperatura é uma variável crítica, pois, quando excessiva, pode causar estresse térmico nos trabalhadores, resultando em diminuição da produtividade e aumento do risco de problemas de saúde.

A unidade de medida para temperatura foi registrada em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$), enquanto o método de coleta dos dados foi por meio de pontos estratégicos do armazém para representar as variações internas, levando em conta a proximidade de janelas, portas e áreas de armazenamento.

Já a análise do Índice de Calor (IC), foram coletados os dados de temperatura, e manipulados por meio do cálculo do índice, o qual considera tanto a temperatura do ar quanto

a umidade relativa do ar, proporcionando uma visão mais completa das condições de conforto térmico e dos riscos de estresse térmico para os trabalhadores.

A umidade é um fator determinante na percepção de calor e no conforto dos trabalhadores, uma vez que níveis elevados podem intensificar a sensação térmica, resultando em maior desconforto e potencial estresse térmico. A umidade foi registrada em porcentagem (%). A coleta dos dados, como a temperatura do ar, a umidade relativa do ar foi monitorada em intervalos de 60 segundos, com sensores posicionados em locais representativos dentro do armazém. Enquanto para o impacto no Índice de Calor (IC), a umidade relativa do ar foi uma variável chave para o cálculo do Índice de Calor (IC), pois sua interação com a temperatura pode amplificar a sensação de calor, aumentando os riscos à saúde dos trabalhadores em condições de calor intenso.

A análise conjunta da temperatura do ar e da umidade relativa do ar é fundamental para entender a dinâmica do ambiente de trabalho. A correlação entre essas variáveis foi investigada por meio de análise de regressão linear simples, permitindo determinar como a umidade influencia a sensação térmica percebida pelos trabalhadores e, conseqüentemente, o cálculo do Índice de Calor (IC).

Essas variáveis quantitativas são essenciais não apenas para caracterizar as condições ambientais no armazém, mas também para embasar decisões sobre intervenções e melhorias necessárias para garantir um ambiente de trabalho seguro e saudável. A compreensão detalhada de como a temperatura e a umidade interagem possibilita a formulação de estratégias eficazes de controle e mitigação dos riscos térmicos.

3.2.2 Variáveis Qualitativas

As variáveis qualitativas analisadas neste estudo referem-se à saúde do trabalhador no contexto do armazém estruturado para expedição de adubos granulados. A saúde dos trabalhadores é uma variável fundamental para compreender os impactos das condições térmicas e ambientais sobre o bem-estar e a segurança no ambiente de trabalho.

A saúde do trabalhador foi avaliada considerando diversos aspectos que podem ser influenciados pelas condições ambientais, especialmente pela temperatura e umidade do ar. Essa variável qualitativa abrange tanto a saúde física quanto a saúde mental, refletindo o estado geral dos trabalhadores em relação ao ambiente em que atuam.

Os aspectos avaliados foram:

a) **Sintomas Físicos:** Foram observados e registrados sintomas como fadiga, desidratação, dor de cabeça e mal-estar, que podem ser exacerbados por condições térmicas adversas. **Doenças Relacionadas ao Trabalho:** Foi feita uma análise das ocorrências de doenças ocupacionais relacionadas ao estresse térmico, como insolação ou exaustão pelo calor. Dados dos exames médicos admissionais e demissionais também foram utilizados para avaliar a saúde dos trabalhadores antes e após o período de trabalho no armazém.

b) **Percepção de Conforto:** Os trabalhadores foram entrevistados para coletar dados sobre sua percepção de conforto térmico e se sentiam que as condições do armazém afetavam sua saúde e produtividade, por meio de entrevistas com os trabalhadores, utilizando um questionário estruturado que incluía perguntas sobre sua saúde geral, presença de sintomas e a percepção das condições de trabalho.

Para avaliar o impacto do Índice de Calor (IC) foi utilizado como referência para analisar as condições ambientais às quais os trabalhadores estavam expostos. Valores elevados do IC indicam um maior risco de estresse térmico, o que pode levar ao aumento dos sintomas físicos e à deterioração da saúde geral dos trabalhadores.

3.2.3 Relação com as Variáveis Quantitativas

A análise da saúde do trabalhador está intrinsecamente ligada às variáveis quantitativas de temperatura do ar e umidade relativa do ar. Por meio da correlação entre os dados coletados e os índices de saúde, foi possível estabelecer uma relação direta entre as condições climáticas do armazém e o estado de saúde dos funcionários.

A saúde do trabalhador é uma variável crítica não apenas para a qualidade de vida dos funcionários, mas também para a produtividade e a eficiência operacional do armazém. Manter a saúde e o bem-estar dos trabalhadores deve ser uma prioridade, uma vez que isso resulta em redução de faltas, menor rotatividade e um ambiente de trabalho mais seguro.

A análise da saúde do trabalhador no contexto deste estudo fornece insights valiosos sobre as consequências das condições térmicas e ambientais, destacando a importância de intervenções adequadas para mitigar riscos e promover um ambiente de trabalho saudável e produtivo.

3.3 Dados climáticos

Para a coleta de dados climáticos, foram utilizados sensores de alta precisão desenvolvidos pelo laboratório de instrumentação do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental. Esses sensores foram responsáveis por monitorar continuamente variáveis ambientais, incluindo temperatura do ar e umidade relativa do ar. Os dados coletados pelos sensores foram enviados para *dataloggers*, dispositivos que registram e armazenam informações ao longo do tempo, permitindo um acompanhamento eficaz das condições climáticas internas do armazém.

Os *dataloggers* foram programados para registrar dados a cada 60 segundos, possibilitando uma análise detalhada das flutuações térmicas e de umidade ao longo do dia e das diferentes condições climáticas. Um ano de monitoramento, sendo destacado os 150 dias da estação seca, nos horários de 9:00h as 15:00 horas.

Os Sensores de temperatura do ar e umidade relativa do ar foram estrategicamente instalados em pontos-chave dentro do armazém. 02. As posições foram selecionadas com base na análise do layout e nas áreas de maior circulação de trabalhadores, garantindo uma cobertura representativa das condições ambientais. Foi utilizado apenas 1 sensor de temperatura instalado a 4m de altura do piso, fabricado e calibrado no laboratório de física ambiental da UFMT (Figura 7).



Figura 7 - Localização dos sensores instalados no armazém estruturado

3.4 Cálculo do Índice de Calor (IC)

Para calcular o IC, a umidade do ar é considerada juntamente com a temperatura do ambiente. O IC é uma medida que reflete o impacto da combinação de temperatura e umidade na percepção térmica humana. Quando a umidade é baixa, o IC pode ser reduzido em comparação com ambientes de alta umidade, mas ainda assim, temperaturas excessivamente altas podem representar um risco significativo para os trabalhadores (Figura 8).

Classificação	Nível de Alerta	Índice de Calor (IC)		Síndrome de calor (sintomas)
		°F	°C	
AA	Ausência de alerta	< 80	< 27	Não há problemas.
C	Cautela	80 – 90	27 – 32	Possível fadiga em casos de exposição prolongada e atividade física.
CE	Cautela extrema	90 – 105	32 – 41	Possível câibras, insolação e esgotamento por exposições prolongadas e atividade física.
P	Perigo	105 – 130	41 – 54	Câibras, insolação e esgotamento provável. Possibilidade de dano cerebral (AVC) devido exposições prolongadas com atividades físicas.
PE	Perigo extremo	> 130	> 54	Insolação ou ação e risco de Acidente Vascular cerebral (AVC) iminente.

Figura 8 - Nível de alerta e descrição de possíveis consequências fisiológicas ao corpo humano conforme o IC.

Fonte: SILVA (2020).

A umidade relativa do ar desempenha um papel crucial na avaliação do Índice de Calor (IC), especialmente no armazém estruturado, como em Rondonópolis, onde as condições climáticas podem ser extremas. A interação entre a umidade e a temperatura do ar é fundamental para determinar a sensação térmica real experimentada pelos trabalhadores e, consequentemente, os riscos de estresse térmico.

A umidade elevada amplifica a sensação de calor, dificultando a dissipação do calor corporal por meio da transpiração. Quando a umidade relativa do ar é alta, a taxa de evaporação do suor diminui, fazendo com que o corpo tenha maior dificuldade em resfriar-se, o que pode resultar em um risco elevado de estresse térmico e outros problemas de saúde, como desidratação e exaustão pelo calor.

Em Rondonópolis, durante os meses analisados (julho, agosto e setembro), as temperaturas variaram entre 36,53°C, 41,98°C e 46,08°C nas datas selecionadas para as

análises, com uma umidade relativa do ar frequentemente muito baixa. Essa combinação de altas temperaturas e baixa umidade pode resultar em um Índice de Calor (IC) extremamente elevado, aumentando significativamente o risco de estresse térmico entre os trabalhadores do armazém.

Em ambientes de armazenamento, como no armazém estruturado em estudo na cidade de Rondonópolis, a interação entre a umidade e a temperatura cria desafios adicionais para os trabalhadores. A presença de materiais e maquinários pesados, combinada com o calor intenso e a baixa umidade, pode aumentar a dificuldade na realização das tarefas, reduzindo a eficiência e, ao mesmo tempo, colocando em risco a saúde dos trabalhadores.

3.5 Estratégias para Mitigar os Efeitos da Umidade no IC

A análise do IC deve ser acompanhada de medidas práticas para reduzir os impactos da umidade e da temperatura. Isso inclui:

- a) Melhorar a ventilação dentro do armazém para aumentar a circulação de ar e facilitar a dissipação de calor.
- b) Monitoramento constante do IC para garantir que os trabalhadores não sejam expostos a condições de risco.
- c) Pausas regulares e revezamentos, especialmente durante os períodos de maior calor, para reduzir a exposição prolongada ao calor excessivo.
- d) Acesso a água potável e áreas de descanso com sombra, para auxiliar no resfriamento corporal e prevenção de desidratação.

3.6 Recomendações para Evitar Riscos de Acidentes Relacionados ao Índice de Calor (IC)

As recomendações para evitar riscos de acidentes no ambiente de trabalho devem, em primeiro lugar, estar em total conformidade com as normas vigentes de segurança do trabalho, com foco na proteção da saúde dos trabalhadores, especialmente em ambientes de alto risco térmico. Algumas das principais diretrizes incluem:

- a) Disponibilidade de Áreas de Convivência para os Trabalhadores: Em consonância com a NR 24 – Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho, é

fundamental garantir a disponibilização de áreas adequadas para descanso e convivência. Essas áreas devem ser projetadas para proporcionar alívio durante os períodos de exposição a altas temperaturas, oferecendo conforto e ajudando na prevenção do estresse térmico.

b) **Segurança no Trabalho com Máquinas e Equipamentos:** A NR-12, que regula a segurança no trabalho com máquinas e equipamentos, deve ser rigorosamente seguida para minimizar os riscos de acidentes envolvendo máquinas e ferramentas. A aplicação dessa norma é essencial, pois a interação com equipamentos pesados e de grande porte pode aumentar o risco de acidentes, especialmente sob condições térmicas extremas, como as causadas por um alto Índice de Calor (IC).

c) **Segurança no Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais:** A NR-11, que regula as condições de segurança para o transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais, deve ser observada para garantir que todos os processos sejam realizados de maneira segura, com o uso de equipamentos adequados e treinamento contínuo. Essas práticas são particularmente importantes em ambientes com altas temperaturas, onde o risco de fadiga e estresse térmico é elevado.

d) **Descanso Rotativo para Mitigação dos Efeitos do IC:** Para reduzir os efeitos do estresse térmico causado pelo Índice de Calor (IC), recomenda-se a implementação de descanso rotativo de dez minutos por turno, com intervalos regulares durante a jornada de trabalho. Essa medida visa permitir que os trabalhadores se recuperem fisicamente da exposição a condições térmicas desfavoráveis, prevenindo desidratação, exaustão e outros problemas de saúde associados ao calor excessivo.

e) **Monitoramento do Índice de Calor (IC):** A implementação de sistemas de monitoramento contínuo do Índice de Calor (IC) é crucial para identificar e antecipar períodos de risco, permitindo a adoção de medidas preventivas imediatas, como pausas para descanso, ajuste da carga de trabalho e aumento da hidratação.

Essas recomendações visam garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores, minimizando os riscos relacionados ao estresse térmico e aumentando a eficiência no ambiente de trabalho. O cumprimento das normas regulamentadoras e a adoção de medidas específicas de controle térmico são essenciais para prevenir acidentes e doenças ocupacionais em ambientes de altas temperaturas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise termo higrométrica

Foram feitas análises de temperatura do ar e umidade relativa do ar em três meses do ano de 2024 (julho, agosto e setembro) durante o intervalo de horário entre 14:00h e 16:00h, sendo registradas 121 coletas de dados em cada mês, permitindo uma avaliação abrangente das variações térmicas nesse período específico (Figura 9).

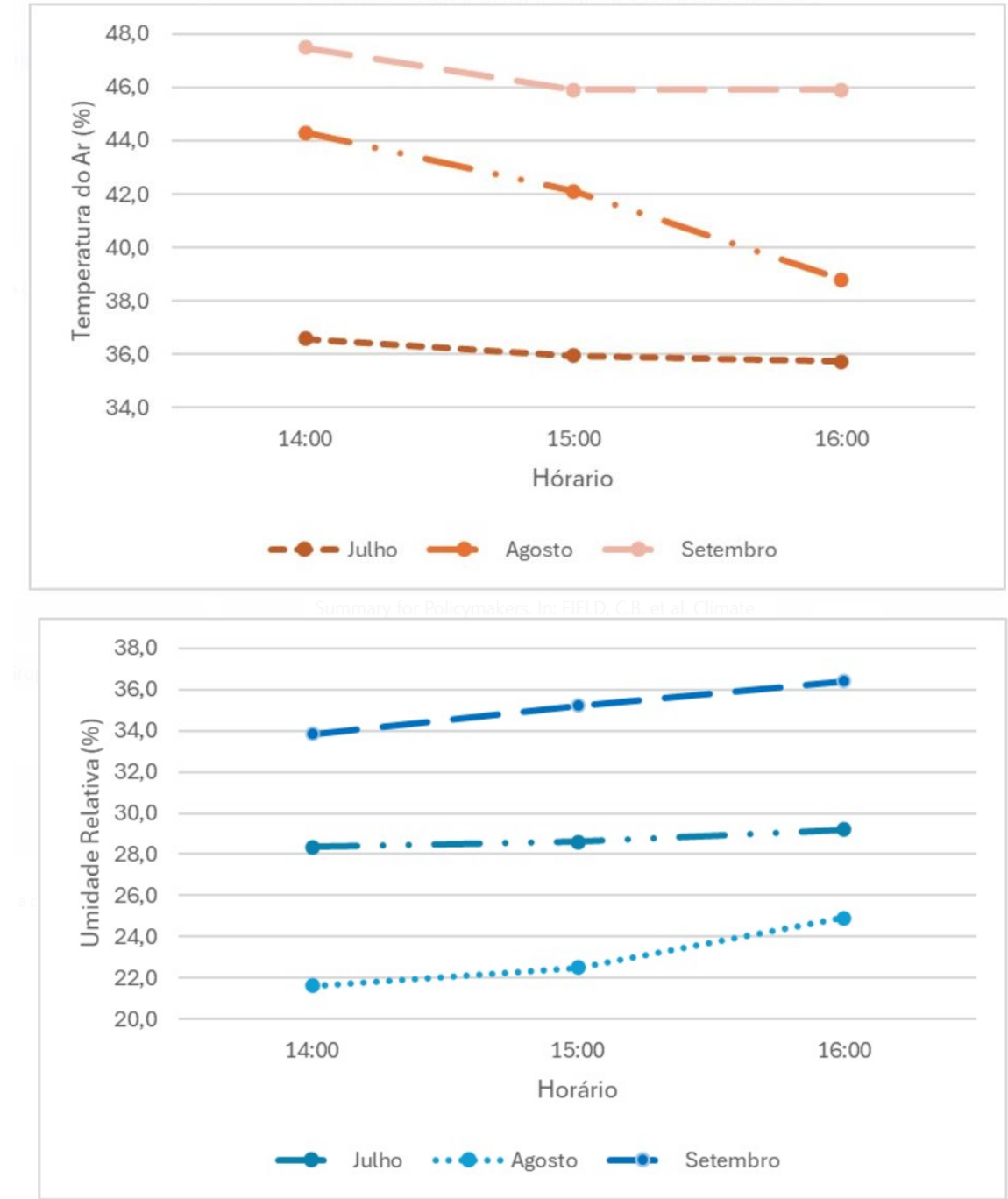


Figura 9 - Análise termohigrométrica nos meses de julho, agosto e setembro

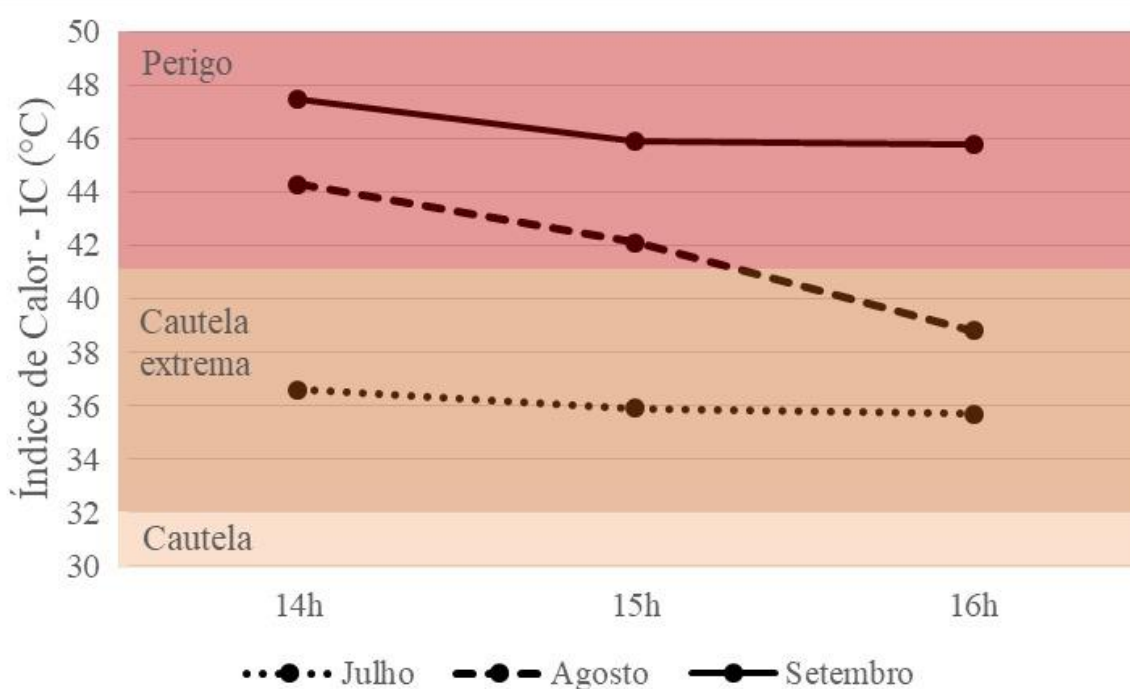


Figura 10 - Índice de calor

A análise revelou que a temperatura média durante o mês de julho foi de 36,53 °C (Figura 10). Este dado indica uma condição térmica elevada, que pode ter implicações significativas para o conforto dos trabalhadores e a segurança operacional no armazém. A compreensão dessas condições é crucial para a implementação de estratégias de mitigação de riscos e promoção da saúde no ambiente de trabalho.

No mês de agosto, os resultados da análise indicaram que a temperatura média registrada durante esse intervalo foi de 41,98 °C. No mês de setembro de 2023, os resultados obtidos indicaram que a temperatura média registrada durante esse intervalo foi de 46,08 °C. De acordo com o nível de alerta estabelecido e as descrições das possíveis consequências fisiológicas para o corpo humano, essa temperatura é classificada como perigosa. Tais condições podem levar a sérios riscos à saúde dos trabalhadores, como estresse térmico e outras complicações associadas ao calor excessivo. Portanto, é fundamental considerar essas informações para a adoção de medidas preventivas adequadas no ambiente de trabalho.

Tabela 5 - Valores estimados de IC e classificação do nível de alerta do armazém 02, nos períodos estudados.

Índice de Calor de Steadman - IC (°C)					
Período do Ano					
			Período Seco		
Mês	Horário	Local	Min	Máx	NA
Julho	14: 00h - 15:00h	Armazém 02	35,8	37,5	CE
	15: 01h - 16:00h	Armazém 02	35,7	37,1	CE
Agosto	14: 00h - 15:00h	Armazém 02	42,1	44,4	P
	15: 01h - 16:00h	Armazém 02	38,8	42,2	P
Setembro	14: 00h - 15:00h	Armazém 02	45,9	47,6	P
	15: 01h - 16:00h	Armazém 02	44,3	46,1	P

Legenda: Mín.= Mínimos; Máx.= Máximos; NA = Nível de alerta de possíveis consequências fisiológicas ao corpo humano, representadas pelas siglas: AA (ausência de alerta), C (cautela), CE (cautela extrema), P(perigo), PE (perigo extremo).

Na análise do conforto térmico no ambiente do Armazém 02, local de estudo, durante o período seco (Tabela 5), observou-se que, no intervalo entre 14:00h e 15:00h, a menor variação de temperatura foi registrada no mês de julho, com 35,8°C, enquanto a maior variação nesse mesmo horário ocorreu em setembro, alcançando 47,6°C. No período das 15:01h às 16:00h, a menor variação foi de 35,7°C, enquanto a maior atingiu 46,01°C.

A classificação do nível de alerta no ambiente de trabalho variou entre *Cautela Extrema* e *Perigo*. Entre as principais consequências fisiológicas observadas estão câibras, insolação e esgotamento provável. Possibilidade de dano cerebral (AVC) devido exposições prolongadas com atividades físicas.

A baixa umidade do ar intensifica a evaporação de água pelo organismo, causando desidratação acelerada. Em ambientes com poeira em suspensão, como no armazém estruturado em estudo, a baixa umidade dificulta ainda mais a capacidade das vias respiratórias de filtrar partículas, aumentando os riscos de doenças respiratórias crônicas.

Por meio da escala psicrométrica UNICAMP destaca os níveis de umidade relativa do ar considerados prejudiciais à saúde humana, indicando que: entre 20% e 30% - estado de atenção; entre 12% e 20% - estado de alerta; abaixo de 12% - estado de emergência. Portanto, compreende-se que a faixa de umidade relativa do ar considerada ideal para saúde do ser humano compreende em torno de 30% a 60% (PINTO, ZULLO; ÀVILA, 2008).

Dessa forma, nos meses de julho e agosto, a umidade relativa do ar no armazém estruturado em Rondonópolis apresenta-se em níveis classificados como "estado de atenção". Essa condição evidencia a existência de riscos significativos à saúde dos colaboradores, especialmente em um ambiente de trabalho que já é desafiador devido às altas temperaturas e à presença de poeira em suspensão.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise do desempenho térmico e dos riscos ambientais no armazém estruturado destinado à expedição de adubos granulados, com base nas medições realizadas nos meses de julho, agosto e setembro, evidencia a necessidade urgente de adotar medidas eficazes para garantir a saúde e o bem-estar dos trabalhadores. Os dados coletados por meio dos dataloggers demonstraram que os níveis de temperatura e umidade do ar durante esses períodos alcançaram valores críticos, especialmente nas horas de maior exposição ao calor. A aplicação do Índice de Calor (IC) revelou que tais condições térmicas apresentam riscos significativos à saúde dos trabalhadores, incluindo estresse térmico, desidratação e outras complicações associadas ao calor excessivo.

Diante dos resultados obtidos, é imperativo que sejam adotadas estratégias de mitigação para reduzir os impactos negativos das altas temperaturas e da umidade elevada. Entre as principais recomendações, destaca-se a necessidade de melhorar a ventilação no interior do armazém, com o objetivo de minimizar a proliferação de poeira em suspensão, que compromete a qualidade do ar e prejudica a saúde respiratória dos trabalhadores.

Além disso, a utilização de vestimentas apropriadas, como camisetas do tipo "segunda pele", é fundamental para auxiliar no controle da sudorese e na prevenção da desidratação. A adoção rigorosa de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) também é essencial, incluindo máscaras de rosto completo, óculos de segurança, capacetes com protetores auriculares e outros equipamentos que ofereçam proteção térmica e física durante as atividades no armazém.

Nos dias em que as condições térmicas se apresentarem particularmente adversas, recomenda-se a implementação de pausas regulares de dez minutos, onde os trabalhadores possam respirar ar puro, intercalando essas pausas ao longo do turno sem comprometer suas funções. A organização dessas pausas deve ser realizada pelo gestor do serviço, garantindo que todos os colaboradores possam usufruir do tempo necessário para recuperação física.

Em síntese, as medidas propostas são essenciais para criar um ambiente de trabalho mais seguro e saudável, minimizando os riscos associados às condições térmicas desfavoráveis e assegurando tanto a produtividade quanto a saúde dos trabalhadores no armazém. A continuidade do monitoramento do Índice de Calor (IC) e a revisão periódica das estratégias de controle são fundamentais para a eficácia das ações implementadas e para a adaptação contínua às condições ambientais variáveis.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. J. L.; STAPE, P. C.; SENTELHAS, J. L. M. GONÇALVES. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 22, No. 6, 711– 728. 2013. DOI 10.1127/0941-2948/2013/0507.

BRASIL. I.B.G.E. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico, 2022**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/rondonopolis/panorama>>. Acesso em: 02 de dez. 2024.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora N° 06**. Dispõe sobre Equipamentos de proteção individual – EPI. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 de junho de 1978. Disponível em:< <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-06-atualizada-2022-1.pdf> >. Acesso em: 12 de nov. 2024.

_____. Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora N° 11**. Dispõe sobre Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 de junho de 1978. Disponível em:< <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/nr-11-atualizada-2016.pdf>>. Acesso em: 12 de nov. 2024.

_____. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora N° 15**. Dispõe sobre atividades e operações insalubres. Ministério do Trabalho e Emprego. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 de junho de 1978. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-06-atualizada-2022-1.pdf> >. Acesso em: 02 de dez. 2024.

DA SILVA BATISTA, Danielle; NOVAIS, Jonathan Willian Zangeski. Análise da Tendência Climática nas Séries Temporais de Temperatura de Rondonópolis-MT. **Ensaio e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, v. 23, n. 2, p. 84-87, 2019.

DUARTE, T. E. P. N. **Expansão urbana e qualidade ambiental: uma análise da cobertura vegetal em Rondonópolis - MT entre os anos de 2006 e 2015**. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso, 2016, p.116

FIELD, Christopher B.; BARROS, Vicente R. (Ed.). **Climate change 2014–Impacts, adaptation and vulnerability: Regional aspects**. Cambridge University Press, 2014.

GOMES, Washington Paulo. O clima urbano em ambiente tropical: análise do perfil térmico de Rondonópolis-MT. 2021.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia . **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**. Estações Convencionais. Disponível em: < <https://mapas.inmet.gov.br/#> > Acesso em: 03 de dez. 2024.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change 2014: Summary for Policymakers. In: FIELD, C.B. et al. Climate Change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

MENDONÇA, F. O clima urbano de cidades de porte médio e pequeno: aspectos teóricometodológicos e estudo de caso In: SANT' ANNA NETO, J. L.; ZAVATINI, J. A. (Org.) **Variabilidade e Mudanças Climáticas**: implicações ambientais e socioeconômicas. Maringá, Cap. 09, p. 165-192, 2000.

PINTO, H. S.; ZULLO JR., J.; ÀVILA, A. M. H. **Umidade do Ar - Saúde no Inverno - Cuidados a Serem Tomados**. Cepagri/Unicamp: setembro de 2008. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/artigos-especiais/umidade-do-ar-saude-no-inverno.html>>. Acesso em: 28 de nov. 2024.

SILVA, Roberta Daniela de Souza Lauxen. **Qualidade ambiental em veículo automotor da frota do transporte público coletivo no município de Cuiabá-MT**. 2020.