



SEMINÁRIO INTERNACIONAL BRASIL - COLÔMBIA SOBRE PROCESSOS INDUSTRIALIS SUSTENTÁVEIS

10

Os riscos térmicos podem ser uma variável competitiva? Um estudo sobre possíveis correlações

André Luiz dos Santos^{1*}; Liane Mahlmann Kipper¹; Pietro Cunha Dolci¹; Ana Lucia Becker Rohlfes¹
*andresantos@mx2.unisc.br

¹ Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Processos Industriais (PPSPI)

INTRODUÇÃO

A competitividade industrial está indiretamente relacionada às condições do ambiente fabril e à capacidade dos trabalhadores, conforme destacado por Santos *et al.* (2024). Compreender esse contexto é essencial para o desenvolvimento do Brasil, já que, segundo Gereffi *et al.* (2018), países emergentes, como o Brasil, desempenham papéis importantes nas cadeias globais de suprimentos por serem grandes exportadores de produtos manufaturados. Nesse cenário, a indústria de embalagens flexíveis se destaca por sua relevância para o desenvolvimento nacional (WILLY *et al.*, 2000). No entanto, sua produtividade foi de apenas 62% em relação à capacidade instalada em 2022 (ABIEF, 2023). Para elevar a competitividade do setor, é necessário aprofundar o conhecimento científico sobre o ambiente fabril e seus *Key Performance Indicators (KPIs)*, pois a análise desses indicadores é eficaz para avaliar o desempenho industrial (CONTINI *et al.*, 2023). Nesse sentido, a Temperatura do Ambiente Fabril (TAF) torna-se um fator crítico, já que temperaturas elevadas afetam a saúde e a produtividade dos trabalhadores (LUCAS *et al.*, 2014; HANSEN *et al.*, 2018; VARGHESE *et al.*, 2018, VARGHESE *et al.*, 2019). Ferrari (2023) e Amini *et al.* (2021). Este estudo, portanto, busca analisar a correlação entre a TAF e os KPIs de Percentual de Acidentes de Trabalho, Performance OEE e Percentual de Devoluções na indústria de embalagens flexíveis, contribuindo com dados para aprimorar a competitividade desse segmento industrial.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi estruturada com base na abordagem de pensamento sistêmico que auxilia na compreensão de problemas complexos na indústria de embalagens (DE *et al.*, 2023). Realizou-se um estudo de caso empírico e exploratório em uma indústria de embalagens flexíveis, adaptado de Miguel (2007) e Shahriar (2022). A revisão bibliográfica seguiu o modelo de Gohr *et al.* (2013), adaptado para análises qualitativas e quantitativas (SAPUTRA, 2024). Com base em diretrizes da alta gestão e técnica de investigação como discutido por Bhat *et al.* (2021), para selecionar KPIs representativos da competitividade. Os KPIs selecionados foram: Percentual de Acidentes de Trabalho, Performance OEE e Percentual de Devoluções.

Os dados históricos dos KPIs foram extraídos em arquivos TXT e convertidos em planilhas Excel. As temperaturas ambientais externas foram na estação meteorológica código A813 latitude -29.87333332 e longitude -52.38249999 na cidade de Rio Pardo no estado do Rio Grande do Sul, Brazil e os dados internos foram medidos conforme a NR15 e a NHO-06, utilizando o índice WBGT, como estabelece a Portaria

Seminário Internacional Brasil - Colômbia Sobre Processos Industriais Sustentáveis

<https://online.unisc.br/acadnet/anais/index.php/semibrasilcol/index>
Santa Cruz do Sul, 2025

MTP nº 426 /2021. As análises relacionando a Temperatura Ambiente (TA) e os KPIs foram realizadas com base em correlações de Pearson (SKARE *et al.*, 2024). Para quantificar a TA interna, utilizou-se um fator de correção chamado Temperature Delta (TD).

As perguntas norteadoras da pesquisa foram:

Q1: Qual o nível de TAF?

Q2: Quais as relações entre a temperatura externa e a do ambiente de trabalho?

Q3: Como se comportam os KPIs em ambientes com altos níveis de WBGT?

Q4: A TA afeta a competitividade da indústria?

A medição do estresse térmico foi realizada com o equipamento Criffer PROTEMP4, conforme as normas regulamentadoras (NR-15, NHO-06). A coleta ocorreu entre 24/01/2024 e 20/02/2024 nos setores de Impressão, Laminação e Corte & Acabamento. Os dados dos KPIs foram extraídos dos *Softwares* da empresa estudada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da pesquisa foram organizados em quatro tópicos, correspondentes às questões Q1 a Q4. Inicialmente, realizaram-se medições de WBGT no ambiente fabril, com o objetivo de avaliar os níveis de temperatura efetiva percebida. Verificou-se um acréscimo médio de 4,21 °C em relação às medições oficiais da estação meteorológica, indicando a predominância de temperaturas elevadas (TA) no ambiente produtivo. Esse cenário reforça preocupações quanto à capacidade laboral dos trabalhadores, uma vez que temperaturas de 33,3 °C são classificadas como moderadamente perigosas (VARGHESE *et al.*, 2019).

Com base na NR15, 61,11% das medições atingem o limite de ação com taxa metabólica mínima (100 W), e 100% com a taxa máxima (606 W). A projeção histórica mostra que, entre 2021 e 2023, mais de 70% dos dias de trabalho ultrapassaram os limites de temperatura estabelecidos pela NR15, evidenciando um ambiente termicamente adverso.

No KPI de Acidentes de Trabalho, 51,09% dos acidentes ocorreram acima de 24,7 °C e 10,87% acima de 31,7 °C (limites da NR15). De acordo com a ILO (2024), 52,17% dos acidentes ocorreram fora da faixa recomendada (16 °C–24 °C). Os dados apontam que 6,5% dos acidentes ocorreram com TA \geq 33,3 °C, e 3,68% com TA $>$ 37,6 °C. Embora a correlação de Pearson entre a TA e gravidade do acidente tenha sido baixa (0,01918), os registros evidenciam relações entre os níveis de temperatura e a ocorrência de acidentes.

No KPI % de Devoluções, 73,27% das devoluções ocorreram em dias com TA $>$ 27 °C. Mediante a correlação de Pearson evidencia-se uma forte correlação positiva foi identificada entre TA e quantidade de devoluções (0,8901), e uma correlação moderada com os valores devolvidos (0,6419). Isso evidencia que as altas temperaturas no processo de fabricação impactam negativamente a qualidade dos produtos.

Em relação ao KPI OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) do setor de impressão, observou-se forte correlação negativa (-0,8404) entre TA e desempenho da Máquina 1, cujas ordens de produção são mais longas. Já a Máquina 2, com ordens curtas, apresentou correlação fraca positiva (0,4271). Isso demonstra que o indicador de desempenho OEE perde rendimento com o aumento da TA, o que afeta diretamente os custos e a produtividade e ambos são considerados por Haguenauer (2012) como elementos centrais da competitividade organizacional.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram observados altos níveis de temperatura ambiente (TA) nos ambientes analisados, com registros de até 40,8 °C, o que caracteriza uma condição extremamente quente, segundo Varghese et al. (2019). Esse resultado responde à primeira pergunta da pesquisa e evidencia um diferencial térmico (DT) médio de 4,21 °C em relação às medições oficiais.

A análise do indicador de Acidentes de Trabalho, considerando os últimos dez anos, demonstrou que 51,09% dos acidentes ocorreram sob condições de TA que demandam controle, conforme a Portaria MTP nº 426/2021. Já a análise do KPI de % de Retornos, nos últimos três anos, revelou forte correlação positiva com a TA (0,8901). Produtos fabricados em dias com temperaturas superiores a 27°C representaram 73,27% dos valores financeiros das devoluções.

No KPI de Desempenho OEE, observou-se que a TA influencia significativamente o desempenho da Máquina nº 1, apresentando forte correlação negativa (-0,8404). Em contrapartida, a Máquina nº 2 não apresentou grandes variações, devido às suas características operacionais distintas.

Esses resultados respondem à terceira pergunta da pesquisa, indicando que a TA impacta negativamente os KPIs analisados. Também respondem à quarta questão, ao demonstrar que a TA é uma variável que influencia diretamente a competitividade da indústria de embalagens flexíveis.

A compreensão do comportamento dos KPIs em diferentes faixas de temperatura oferece base sólida para ajustes estratégicos e operacionais que visem mitigar tais impactos. A principal contribuição acadêmica do estudo reside em fornecer uma base empírica robusta que relaciona as condições ambientais às métricas de desempenho industrial, posicionando a TA como um fator crítico de redução da competitividade. Os resultados obtidos confirmam, de forma consistente, os impactos negativos da TA e evidenciam a urgência de sua inclusão como fator de risco no planejamento estratégico das organizações.

PALAVRAS CHAVE

Temperatura ambiente de fábrica, Indicadores de desempenho, competitividade, Indústria de embalagens flexíveis.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Os autores também agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pelo apoio financeiro, bem como à Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC) e ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Processos Industriais.

REFERÊNCIAS

ABIEF. Dados setoriais. 2023. Disponível em: <https://www.abief.org.br/flex-tendencias/consumo-per-capita-de-embalagens-plasticas-flexiveis-cresce-no-brasil-em-2023/>.

AMINI, M.; GHAVAMABADI, L. I.; RANGKOOY, H.; DEHAGHI, B. F. Climate change and its effects on farm workers. *Environmental Health Engineering and Management*, v. 8, n. 3, p. 179-185, 2021.

BHAT, S. et al. Lean Six Sigma competitiveness for micro, small and medium enterprises (MSME): an action research in the Indian context. *The TQM Journal*, v. 33, n. 2, p. 379-406, 2021.

CONTINI, G. et al. Developing key performance indicators for monitoring sustainability in the ceramic industry: The role of digitalization and industry 4.0 technologies. *Journal of Cleaner Production*, v. 414, p. 137664, 2023.

DE, S. K. et al. Packaging plastic waste management in the cosmetic industry. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, v. 34, n. 3, p. 820-842, 2023.