

ANEXO V – FORMULÁRIO INDICADORES DE IMPACTOS

Autor(a): Alexandre Ladeira de Sousa

Orientador(a): Demóstenes Zegarra Rodríguez

Programa de Pós-Graduação em: Ciência da Computação

Título: PREDIÇÃO DA ANÁLISE DE CAL LIVRE NA PRODUÇÃO DE CIMENTO POR MEIO DE APRENDIZADO DE MÁQUINA E USO DE DADOS SINTÉTICOS

Tipos de Impactos:

() sociais (X) tecnológicos (X) econômicos () culturais ()

outros: _____

Áreas Temáticas da Extensão:

() 1. Comunicação

() 2. Cultura

() 3. Direitos humanos e justiça

() 4. Educação

() 5. Meio ambiente

() 6. Saúde

(X) 7. Tecnologia e produção

() 8. Trabalho

Objetivos de Desenvolvimento sustentável (ODS) da ONU impactados

() 1. Erradicação da pobreza

() 2. Fome zero e agricultura sustentável

() 3. Saúde e Bem-estar

() 4. Educação de qualidade

() 5. Igualdade de Gênero

() 6. Água potável e Saneamento

(X) 7. Energia Acessível e Limpa

() 8. Trabalho decente e crescimento econômico

(X) 9. Indústria, Inovação e Infraestrutura

() 10. Redução das desigualdades

(X) 11. Cidades e comunidades sustentáveis

(X) 12. Consumo e produção responsáveis

(X) 13. Ação contra a mudança global do clima

() 14. Vida na água

() 15. Vida terrestre

() 16. Paz, justiça e instituições eficazes

() 17. Parcerias e meios de implementação

Impactos sociais, tecnológicos, econômicos e culturais

Este trabalho de mestrado teve como objetivo principal desenvolver um modelo preditivo para a análise de cal livre em fornos de clínquer, utilizando técnicas de aprendizado de máquina e geração de dados sintéticos. A produção de cimento é um processo complexo, e o monitoramento do teor de cal livre é crucial para a qualidade do cimento e a eficiência do processo. A análise tradicional de cal livre é pontual, realizada a cada duas horas, e envolve etapas de coleta, preparação da amostra e aferição em equipamentos de raio-X, um processo que leva cerca de 40 minutos na planta estudada. Este estudo propõe uma abordagem preditiva para otimizar a tomada de decisão dos operadores, garantindo maior padronização e regularidade nos parâmetros de qualidade e operação da planta. Foram consultados especialistas da área de processo, e foi construída uma base de dados histórica com as variáveis mais relevantes para o cálculo da cal livre. Essa base de dados foi expandida com a geração de dados sintéticos através de interpolação e perturbação por ruído gaussiano, e algoritmos de aprendizado de máquina foram aplicados para prever o teor de cal livre. Os resultados experimentais obtidos demonstraram a viabilidade da previsão da cal livre, com índices de $R^2 = 0,966$, $MSE = 0,02$ e $RMSE = 0,141$. Este modelo preditivo tem um impacto tecnológico significativo, pois permite a otimização do processo de produção de cimento, com potencial para

redução de desperdícios e maior estabilidade na qualidade do clínquer e, conseqüentemente, do cimento produzido. Do ponto de vista econômico, a melhoria da eficiência energética da planta e a redução de desperdícios se traduzem em menores custos de produção. O impacto social reside na diminuição da exposição a riscos de segurança dos analistas de laboratório durante a coleta de amostras. Em termos de extensão, este trabalho envolveu a participação de especialistas da área de processo, promovendo uma troca de conhecimento entre a academia e a indústria, e tem como público-alvo os operadores de plantas de cimento. O estudo também se enquadra na área temática de tecnologia e produção e está alinhado com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 9 - Indústria, Inovação e Infraestrutura, que busca construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável, e fomentar a inovação. A implementação deste modelo em plantas de cimento tem potencial para otimizar processos, reduzir custos, melhorar a qualidade do produto e reduzir riscos no trabalho.

Social, technological, economic and cultural impacts

This master's thesis aimed to develop a predictive model for the analysis of free lime in clinker kilns, using machine learning techniques and synthetic data generation. Cement production is a complex process, and monitoring free lime content is crucial for cement quality and process efficiency. Traditional free lime analysis is done sporadically, typically every two hours, involving collection, sample preparation, and measurement on X-ray equipment, a process that takes about 40 minutes at the plant studied. This study proposes a predictive approach to optimize decision-making by operators, ensuring greater standardization and consistency in quality and plant operation parameters. Process area experts were consulted, and a historical database was built with the most relevant variables for calculating free lime. This database was expanded with the generation of synthetic data through interpolation and Gaussian noise perturbation, and machine learning algorithms were applied to predict the free lime content. The experimental results obtained demonstrated the feasibility of predicting free lime, with $R^2 = 0.966$, $MSE = 0.02$, and $RMSE = 0.141$. This predictive model has a significant technological impact, as it enables the optimization of the cement production process, with the potential to reduce waste and increase stability in the quality of clinker and, consequently, of the cement produced. From an economic point of view, improving the plant's energy efficiency and reducing waste translates into lower production costs. The social impact lies in the reduction of safety risks for laboratory analysts during sample collection. In terms of outreach, this work involved the participation of process area experts, promoting a knowledge exchange between academia and industry, and targets cement plant operators. The study also falls under the thematic area of technology and production and is aligned with Sustainable Development Goal (SDG) 9 - Industry, Innovation, and Infrastructure, which seeks to build resilient infrastructure, promote inclusive and sustainable industrialization, and foster innovation. The implementation of this model in cement plants has the potential to optimize processes, reduce costs, improve product quality, and reduce workplace risks.

Assinatura do(a) autor(a)

Assinatura do(a) orientador(a)