

## **MARKETPLACE INTEGRADO À INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA SOLUÇÕES DE DESCARBONIZAÇÃO DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO**

LUIS GUSTAVO DA SILVA<sup>1</sup>, DOUGLAS PETERSON MUNIS DA SILVA<sup>2</sup>, MARIA SIRCIA DE SOUSA<sup>3</sup> e BERNARDO VASCONCELOS DE CARVALHO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Estudante de Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Itajubá, UNIFEI, Itajubá/MG, luis.gustavo.silva@unifei.edu.br;

<sup>2</sup>Estudante de Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Itajubá, UNIFEI, Itajubá/MG, douglasilva@unifei.edu.br;

<sup>3</sup>Engenheira mecânica pela Universidade Federal de Itajubá, UNIFEI, Itajubá/MG, sircia@b2mlportal.com.br;

<sup>4</sup>Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Itajubá, UNIFEI, Itajubá/MG, bernardo@b2ml.com.br

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
04 a 06 de outubro de 2022

**RESUMO:** A expansão de *marketplaces* de serviços para promover o contato cliente – produto – fornecedor e que facilitam o ambiente de negócio para todas as pessoas envolvidas, ainda que incipiente no país, configura-se uma alternativa para promover a descarbonização no setor do agronegócio. O *marketplace* proposto neste trabalho integra uma calculadora de gases de efeito estufa (GEE) baseada em metodologia aceita no Brasil e internacionalmente. A partir dos resultados da calculadora é possível identificar os processos de melhoria ou de mudanças que podem influenciar na redução das emissões de GEE dentro do escopo da atividade. Da varredura das entradas de dados na calculadora e utilizando-se de inteligência artificial baseada em redes neurais recorrentes é possível identificar os *hotspots* de emissão de GEE. A partir desse estágio, ocorre uma conexão (*match*) entre o cliente do agronegócio com fornecedores de serviços ou produtos que têm a solução para reduzir a emissões de GEE atendendo às especificidades de cada cliente. Para facilitar e agilizar o processo de diálogo entre as empresas e o cliente do agro, o *marketplace* enviará o resultado dos inventários para as potenciais empresas, o que permitirá que estas avaliem e forneçam um orçamento célere e assertivo.

**PALAVRAS-CHAVE:** redes neurais, pegada de carbono, emissões de gases poluentes, mudanças climáticas.

### **MARKETPLACE INTEGRATED WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR BRAZILIAN AGRIBUSINESS DECARBONIZATION SOLUTIONS**

**ABSTRACT:** The expansion of service marketplaces to promote customer-product-supplier contact and that facilitate the business environment for all the people involved, even if incipient in the country, are an alternative to promoting decarbonization in the agribusiness sector. The marketplace proposed in this work integrates a greenhouse gas (GHG) calculator based on a methodology accepted in Brazil and internationally. From the results of the calculator, it is possible to identify the improvement or change processes that can influence the reduction of GHG emissions within the scope of the activity. By scanning the data entries in the calculator and using artificial intelligence based on recurrent neural networks, it is possible to identify the GHG emission hotspots. From this stage, a connection (*match*) takes place between the agribusiness client and service or product providers that have the solution to reduce GHG emissions, meeting the specifics of each client. To facilitate and speed up the process of dialogue between companies and the agro customer, the marketplace will send the result of the inventories to potential companies, which will allow them to evaluate and provide a quick and assertive quote.

**KEYWORDS:** neural networks, carbon footprint, polluting gases emission, climate change.

## INTRODUÇÃO

Em 2022, o Brasil se comprometeu, através da atualização da Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) do Acordo de Paris, reduzir as emissões de GEE de 37% até 2025 e de 50% até 2030 com base nos níveis registrados em 2005 (UNFCCC, 2022). Caminhando no sentido de buscar a neutralidade das emissões de GEE, o país tem procurado por alternativas para reduzir suas emissões de gases de efeito estufa (GEE). Atualmente, a metodologia *GHG Protocol* é difundida e aceita mundialmente para quantificar e relatar as emissões de GEE, sendo um método padronizado para medir e gerir as emissões de GEE das operações do setor privado e público, constituindo, portanto, a quantificação, o primeiro passo no caminho da neutralidade (WRI BRASIL, 2022). O segundo, é identificar o potencial de redução das emissões das atividades. O terceiro, consiste na compra de créditos de carbono ou compensações por meio dos projetos e/ou tecnologias que promovam a redução das emissões de GEE.

No contexto brasileiro, em 2020, o setor de mudança no uso da terra e da agropecuária juntos somaram aproximadamente 73% das emissões de GEE no Brasil (SEEG, 2021). Apesar da existência de uma série de normas e regulamentos que versam sobre a redução das emissões de GEE, no contexto nacional ainda não foi estabelecido um mercado de carbono que possibilite a sua precificação buscando promover avanços tecnológicos e que possibilite a compra de créditos de carbono e ou de soluções para reduzir as emissões de GEE.

Nesse sentido, desenvolver alternativas que incorporem tecnologias e ferramentas de fácil manuseio, que sejam aplicáveis em diferentes contextos, adaptáveis à realidade brasileira e que sejam reconhecidas, serão essenciais para o alcance das metas climáticas firmadas pelo país. Entre essas alternativas, destaca-se a aplicação de ferramentas computacionais automatizadas. Nessa perspectiva, este projeto se propõe a desenvolver um ambiente seguro e de fácil usabilidade que permita aos interessados reduzir as emissões de GEE por meio de soluções de descarbonização baseadas em serviços ou produtos oferecidos por lojistas lotados no *marketplace*.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo identifica e avalia as metodologias mais adequadas para o projeto proposto de desenvolvimento de um *marketplace*. Foram consultados trabalhos de dissertação, teses e artigos disponibilizados em sites de divulgação científica: *SciELO*, Google acadêmico, *Web of sciences* com palavras chaves: *neural networks*, *carbon emission on agriculture*, *ghg protocol*, *carbon footprint in agriculture*, *artificial intelligence*.

Para cômputo das emissões de GEE e elaboração dos inventários de emissão, buscou-se por técnicas amplamente utilizadas no Brasil e reconhecidas internacionalmente. Outro aspecto considerado foi a gratuidade e a aplicação da técnica para os mais variados setores do agronegócio. Foi preciso adaptar a metodologia da quantificação de emissões de GEE para o contexto nacional, visto que, as equações são voltadas para as condições de países do Norte global. A adaptação foi realizada considerando os modelos propostos em teses e dissertações que abordam o tema.

A pesquisa das redes neurais que podem ser aplicadas às informações obtidas do inventário de emissões de GEE considerou-se a possibilidade de aprendizagem contínua e cujos resultados sejam consistentes. As redes neurais selecionadas serão capazes de reconhecer os pontos dentro do inventário que mais contribuem para as emissões de GEE, ou seja, identificar quais são as possibilidades de redução de emissões dentro da atividade exercida pelo setor do agronegócio, por exemplo: um produtor de cana-de-açúcar procura por formas de quantificar e reduzir suas emissões de GEE, o primeiro passo é a elaboração do inventário de emissões de GEE que converte todas as atividades relacionadas à produção da cana em emissões de dióxido de carbono equivalente; a partir desse momento, as redes neurais realizam uma varredura do inventário identificando os pontos de maior emissão, e neste exemplo, avaliou que a aplicação de fertilizantes sintéticos é a atividade que mais contribui para emissões, em sequência, a rede neural, via *marketplace*, conecta o produtor de cana com empresas que oferecem soluções mais sustentáveis de fertilizantes ou de agricultura de precisão.

Serão testados alguns métodos de extração que melhor respondem às necessidades para o pleno funcionamento do *marketplace*. A partir das informações extraídas do inventário será possível rastrear quais atividades mais contribuem para a pegada de carbono e que podem sofrer alteração ou intervenção.

Uma vez identificadas as atividades *hotspots* é preciso que haja interação com as informações obtidas dos fornecedores de projetos de descarbonização, que por sua vez, serão obtidas de técnicas conhecidas por “*feature extraction*” (FE), para que o *match* possa ser realizado. As informações extraídas de ambos os lados (clientes agro e fornecedores) irão alimentar um algoritmo k-NN para combinação entre os *stakeholders*.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção detalha as pesquisas que foram realizadas e apresenta as técnicas de inteligência artificial que foram encontradas e que melhor se aplicam ao projeto proposto neste trabalho.

O cálculo das emissões de GEE será realizado utilizando a metodologia *GHG Protocol*, um protocolo aceito no Brasil e internacionalmente que permite o cômputo das emissões de GEE para qualquer setor da economia. O protocolo é a base da calculadora que será integrada ao *marketplace* e que possibilitará a confecção dos relatórios ou inventários de GEE. O resultado da calculadora é a emissão total de GEE contabilizadas em quilogramas de dióxido de carbono. O inventário traça um perfil das emissões e possibilita identificar as etapas que mais contribuem, em termos relativos das emissões de GEE.

Em relação à inteligência artificial e as redes neurais foram identificados e avaliados alguns algoritmos que serão testados de modo a garantir resultados precisos e confiáveis. Entre as redes neurais avaliadas, recorreu-se à escolha das redes *Long Short-Term-Memory (LSTM)* com capacidade de armazenamento e análise preditiva dos resultados que garantisse maior confiabilidade dos resultados. A inserção de uma rede neural recorrente aplicada às atividades de agronegócio é inédita no contexto brasileiro.

Atualmente, as redes LSTM têm sido empregadas em nível de pesquisa para previsão das emissões de GEE, como descrito por Acheampong & Boateng (2019), que avaliaram o uso das redes LSTM na previsão da emissão de carbono para o Brasil, Austrália, China, Índia e EUA, sendo ainda incipiente sua aplicação prática. As redes LSTM configuram-se como ferramentas importantes para organizar as suas operações internas relativas à preparação dos dados e seu controle.

As redes LSTM têm capacidade de explorar e reter informações de longo alcance, possibilitando o armazenamento, destacando informações de forma constante, tornando o processo de aprendizagem mais rápido (Sherstinsky, 2020). Para pleno funcionamento das redes LSTM é preciso se orientar em uma sequência de atividades, a saber:

*padronização dos dados em uma etapa de pré-processamento que visa limpar e normalizar os dados que serão essenciais para as tarefas de previsibilidade; cálculo da saída pós processamento; cálculo do erro entre os dados resultantes e os dados de entrada; propagação do erro para a porta de entrada, de esquecimento e memória e por fim, com base nas respostas e dos erros propagados, o peso de cada porta é atualizado fazendo-se uso de um algoritmo de otimização (Abbasimehr et al., 2020).*

Dessa forma, todo o histórico de emissão de carbono é considerado pela rede ao tentar realizar o mapeamento e as previsões dos períodos futuros, gerando maior previsibilidade às empresas pesquisadas. Por outro lado, as informações cadastradas no sistema, oriundas das empresas que oferecem soluções de descarbonização serão analisadas caso a caso, com o objetivo de extrair as informações úteis para que o *match* entre o cliente e as empresas que oferecem a solução seja o mais adequado.

Portanto, as redes neurais do tipo LSTM são promissoras quando se trata de compreender padrões de séries temporais, e terão sua performance comparada às redes neurais *multilayer* e *convolucionais* no que tange a calculadora. A rede LSTM contribuirá na calculadora de GEE para criação de modelos de identificação, criação de serviços e processos de decisão.

Para analisar a performance do treinamento das redes, além de usar a técnica de *cross-validation*, utilizaremos índices estatísticos como o *F1-score*, especificidade, sensibilidade e acurácia. Para garantir que os resultados dos inventários sejam verossímeis e que traduzam a realidade do campo, a equipe do *marketplace* oferecerá o serviço para realizar o inventário de GEE do cliente agro ou este poderá optar pelo preenchimento da calculadora a partir de um inventário já verificado por terceira parte, garantindo

que os resultados da calculadora ou inventário possam ser lidos com segurança pelas redes neurais para que haja correto *match* entre o cliente agro e o fornecedor do serviço de descarbonização.

Em paralelo às ações das redes neurais LSTM, estas se somarão às técnicas de *Feature Extraction* (FE) atuando no processamento e extração de dados provenientes do inventário de GEE dos emissores, como também dados dos prestadores de serviços pertencentes ao *marketplace*.

Entretanto, a técnica de FE apresenta vantagens e desvantagens: o maior poder discriminativo e controle do *overfitting* sem a necessidade de supervisão são vantagens da FE, por outro lado, as desvantagens estão associadas a perda de interpretação dos dados (Hira & Gillies, 2015).

Além disso, a FE será essencial para realizar o apontamento de técnicas e alternativas, que juntas auxiliarão identificar as áreas onde pode haver mudança na operação das atividades, para então buscar por empresas que podem oferecer o serviço ou produto requerido, por exemplo: atualização nas atividades de irrigação, na rotatividade agrícola, aplicação de insumos químicos entre outros aspectos.

Para obtenção das recomendações dentro do *marketplace* serão utilizados algoritmos provenientes como o k-NN (*k-Nearest Neighbors* ou “k-vizinhos mais próximos”), um algoritmo para resolução de problemas de classificação. Esse algoritmo irá analisar diversas informações provenientes dos emissores de carbono e principalmente dos prestadores de serviços, a fim de classificar as informações desejadas para cada grupo de dados. Portanto, os algoritmos de recomendação k-NN classificam a união mais adequada do cliente e fornecedor, a partir dos resultados extraídos desses atores.

As vantagens da manipulação do k-NN refletem na simplicidade de implementação, boa precisão na maioria dos *cases*, tempo de treinamento rápido e pode ser utilizado para conjunto de dados não lineares e problemas de regressão.

Já as desvantagens observadas dizem respeito ao tempo prolongado em testes, pois consome muita memória em seu armazenamento. Também ele não é recomendado para grandes dimensões, pois dificulta o cálculo das distâncias e conseqüentemente demandará mais tempo para o processamento dos cálculos. Outra desvantagem é estar sempre atento às escalas escolhidas para não gerar resultados equivocados (Ferrero, 2009).

## CONCLUSÃO

A expansão de *marketplaces* de serviços que facilitam as negociações para todas as pessoas envolvidas e interessadas será um passo importante para alcançar as metas climáticas de descarbonização no Brasil, sobretudo no âmbito das atividades relacionadas ao agronegócio.

O projeto de marketplace apresentado neste trabalho promove a quantificação e redução da pegada de carbono do agronegócio brasileiro, pois possibilita o cálculo das emissões de dióxido de carbono, que é a primeira etapa para buscar por soluções de descarbonização em qualquer atividade da economia, inclusive do agronegócio.

A partir da quantificação das emissões, o *marketplace* conectará o cliente agro, ou seja, o emissor de GEE com empresas que fornecem soluções para reduzir a pegada de carbono. A integração de redes neurais LSTM recorrentes com capacidade de prever e identificar as atividades da cadeia do agro que mais contribuem para as emissões, como também, apontem a possibilidade de intervenção e redução das emissões de GEE.

Por fim, o uso de ferramentas *online* como o *marketplace* de serviços promove a digitalização dos processos e expansão de tecnologias digitais que integram algoritmos e linguagens computacionais para facilitar e tornar célere a proposição de soluções em diversos aspectos, sobretudo no cenário ambiental e, mais especificamente, soluções para descarbonização da economia. A redução das emissões de GEE do setor mais representativo no Brasil, isto é, as atividades relacionadas ao agronegócio, aumenta a competitividade e facilita a inserção em novos mercados.

## REFERÊNCIAS

Abbasimehr, H.; Shabani, M.; Yousefi, M. An optimized model using LSTM network for demand forecasting. **Computers & Industrial Engineering**, v.143, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106435>

Acheampong, A. O.; Boateng, E. B. Modelling carbon emission intensity: Application of artificial neural network. **Journal of Cleaner Production**, 2019, p. 833-856. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.352>

Ferrero, C. A. **Algoritmo kNN para previsão de dados temporais: funções de previsão e critérios de seleção de vizinhos próximos aplicados a variáveis ambientais em limnologia**. São Carlos: USP, 2009. Dissertação de Mestrado. Disponível em: <https://doi:10.11606/D.55.2009.tde-19052009-135128>

Hira, Z. M.; Gillies, D. F. A Review of Feature Selection and Feature Extraction Methods. Applied on Microarray Data. **Hindawi Publishing Corporation**, v.2015, 1-13, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2015/198363>

Sherstinsky, Alex. Fundamentals of Recurrent Neural Network (RNN) and Long Short-Term Memory (LSTM) network. **PhysicaD: Nonlinear Phenomena**, v.404, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167278919305974>

SEEG. Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil 1970 – 2020, 2021. Disponível em: [https://plataforma.seeg.eco.br/total\\_emission](https://plataforma.seeg.eco.br/total_emission). Acesso em: 01 de agosto de 2022.

UNFCCC. United Nations Framework Convention on Climate Change. Federative Republic of Brazil Paris Agreement Nationally Determined Contribution (NDC). 2022. Disponível em: <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Updated%20-%20First%20NDC%20-%20%20FINAL%20-%20PDF.pdf>. Acesso em: 01 de agosto de 2022.

WRI BRASIL. GHG Protocol - O padrão global para que empresas e organizações mensurem e gerenciem emissões de gases de efeito estufa. 2022. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/projetos/ghg-protocol>. Acesso em: 01 de agosto de 2022.