

Projeto de extensão com agricultores do RJ: software para minimizar custos de adubação e ferramentas de melhoramento de gestão



ISSN 2358-7180

Extension project with farmers in RJ: software to minimize fertilization costs and management improvement tools

Alexandre De Donato¹, Rosenclever Lopes Gazoni², Ana Carolina Dias Goulart³, Camilla da Silva Araújo⁴, Guilherme José Martins de Resende⁵, Emmanuely Lavínia da Silva⁶ Everaldo Zonta⁷

RESUMO

Um grupo de oito agricultores de diversos municípios do estado do RJ forneceu informações sobre os seus sistemas produtivos agrícolas para respaldar a elaboração de um plano de intervenção feito de acordo com as diretrizes do programa de fomentos de projetos de extensão denominado IF mais empreendedor, no presente trabalho coordenado por servidores do campus Pinheiral do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ). O objetivo do projeto foi compreender as principais etapas do processo produtivo dos agricultores para, usando estas informações, conseguir elaborar algumas sugestões de melhoramento no processo produtivo, o qual teve sua discussão iniciada pela apresentação de um software desenvolvido para dar acesso à uma composição de adubo otimizada, promovida pelo algoritmo simplex, a qualquer agricultor que tenha posse da composição de adubos orgânicos, seus respectivos preços e a recomendação de adubação da cultura. Durante as reuniões, ações pontuais para o aperfeiçoamento do software foram desenvolvidas, e ferramentas de melhoria no processo decisório foram apresentadas, como por exemplo o Método Multicritério de Suporte à tomada de decisão SAPEVO-M (Simple Agregation of Preferences Expressed by Ordinal Vectors; agregação simples de preferências expressas por vetores ordinais). Ao final dos 6 meses de interação entre os coordenadores do presente projeto, juntamente com seus bolsistas e os agricultores, estes puderam compreender aspectos básicos de ferramentas voltadas para a otimização da utilização de recursos de um modo geral, e aprenderam (e fomentaram o seu aprimoramento) como utilizar o software minimizador de custos da adubação orgânica.

¹ Mestre em Ciências. IFRJ, Pinheiral, RJ, Brasil. E-mail: alexandre.donato@ifrj.edu.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6514-2654>

² Mestre em Computação. IFRJ, Pinheiral, RJ, Brasil. E-mail: rosenclever.gazoni@ifrj.edu.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6598-1506>

³ Graduada em Licenciatura em Computação. IFRJ, Pinheiral, RJ, Brasil. E-mail: ana_carolina_88@live.com Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7464-5069>

⁴ Graduada em Licenciatura em Computação. IFRJ, Pinheiral, RJ, Brasil. E-mail: camillasilvaaraujo1303@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2671-2677>

⁵ Técnico em Agropecuária. IFRJ, Pinheiral, RJ, Brasil. E-mail: resendemartins120@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5730-1053>

⁶ Técnica em Informática. IFRJ, Pinheiral, RJ, Brasil. E-mail: emmanuely_04@hotmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6504-0447>

⁷ Doutor em Agronomia. UFRRJ, Seropédica, RJ, Brasil. E-mail: ezonta@ufrj.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8106-0504>

Palavras-chave: Pesquisa Operacional; Adubação Orgânica; Otimização

ABSTRACT

A group of eight farmers from the state of RJ provided information about their agricultural production systems to support the preparation of an intervention plan made in accordance with the guidelines of the program for promoting extension projects called IF more entrepreneur, in the present work coordinated by employees of the Pinheiral campus of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Rio de Janeiro (IFRJ). The objective of the project was to understand the main stages of the farmers' production process, using this information to elaborate some suggestions for improving their food production, which had its discussion initiated by the presentation of a software developed to give access to a fertilizer composition optimized, promoted by the simplex algorithm, to any farmer who has possession of the composition of organic fertilizers, their respective prices and the recommendation for fertilizing the crop. During the meetings, specific actions to improve the software were developed, and tools to improve the decision-making process were presented, such as the Multicriteria Decision Support Method SAPEVO-M (Simple Aggregation of Preferences Expressed by Ordinal Vectors). At the end of the 6 months of interaction between the coordinators of this project, together with their fellows and the farmers, they were able to understand basic aspects of tools aimed at optimizing the use of resources in general, and learned (and fostered their improvement) how to use the software to minimize the costs of organic fertilization.

Keywords: Operational Research; Organic fertilization; optimization

INTRODUÇÃO

1.1 Aspectos gerais do trabalho desenvolvido

O programa nacional denominado “IF mais empreendedor” é uma iniciativa do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) e a Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC) por meio da Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Extensão, Pesquisa, Ensino Profissionalizante e Tecnológico (FADEMA), cujo objetivo é apoiar a execução de projetos de extensão tecnológica para o atendimento, apoio, e orientação a Micro e pequenos empreendedores e empreendedores individuais que foram afetados negativamente pela Pandemia de Covid-19. Selecionados por esse programa, o presente projeto apoiou pequenos agricultores orgânicos do RJ que foram impactados pela pandemia em função, principalmente, do fechamento de escolas e a impossibilidade de fornecimento de alimentos da agricultura familiar ao Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE).

Durante os anos de 2019 e 2020, alunos do curso técnico em informática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), campus Pinheiral, desenvolveram um software que usa o algoritmo simplex para encontrar a composição

otimizada da adubação orgânica mista (ou mesmo simples) que atenderá às necessidades nutricionais da cultura e, ao mesmo tempo, terá o menor custo possível. Desta forma, o presente projeto, adicionalmente à expectativa do programa IF mais empreendedor, a qual consistia na elaboração de um plano de manejo com sugestões de melhoramento no processo produtivo, teve também como objetivo aperfeiçoar o software criado, além de melhorar a gestão dos empreendimentos agrícolas (agricultores orgânicos) sob o prisma da otimização de processos da pesquisa operacional introduzida pela apresentação do software aos agricultores.

1.2 Referencial Teórico

Em solos tropicais, onde há um maior grau de intemperismo, a adição de matéria orgânica é importante, pois uma parte significativa da Capacidade de Troca Catiônica (CTC) do Solo é fornecida por ela. Existem muitos tipos de adubos orgânicos que podem ser utilizados nas plantações, sua seleção varia conforme sua disponibilidade no mercado, região e espécie a ser cultivada. A utilização de adubos orgânicos contribui para uma melhor estruturação física e atividades biológicas do solo, além de melhorar a sua qualidade e fertilidade química (SANTOS et al., 2020; CARVALHO et al., 2018).

Os nutrientes requeridos pelas espécies vegetais podem ser divididos em duas grandes categorias: macronutrientes, mais requeridos, cuja necessidade se dá na ordem de kg por hectare; e micronutrientes, menos requeridos, cuja necessidade se dá na ordem de gramas por hectare. São macronutrientes: O Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Enxofre (S), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg), e são micronutrientes: o Cloro (Cl), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Boro (B), Manganês (Mn), Cobre (Cu), Molibdênio (Mo) e Níquel (Ni). Todos são essenciais à produção vegetal, pois sem qualquer um deles, as plantas não conseguem completar o seu ciclo de vida. Contudo, o software desenvolvido teve foco exclusivo nos nutrientes N, P e K em razão de sua maior necessidade e importância, e porque os demais macronutrientes e micronutrientes costumam estar presentes em adubos orgânicos de maneira ajustada às necessidades vegetais. Além de nutrir as plantas, os adubos orgânicos são considerados auxiliares do sistema vegetal de defesa contra pragas, visto que um estado nutricional equilibrado torna as plantas mais resistentes em seus respectivos processos de defesa ao ataque de organismos que podem trazer malefícios a mesma. (CARVALHO, 2021; SALDANHA & RIBEIRO, 2021; SANTOS et al., 2021).

A utilização de agrotóxicos para combater doenças e pragas tem sua viabilidade econômica e ambiental questionada em função de seu alto custo e danos causados ao meio ambiente. Além de agrotóxicos, o pacote tecnológico da Revolução Verde inclui também fertilizantes minerais e sintéticos, os quais, de acordo com a teoria da trofobiose, podem tornar os vegetais mais propensos ao ataque de pragas, aumentando a quantidade de agrotóxicos “necessários” ao cultivo vegetal dentro deste modelo produtivo, e elevando ainda mais seus custos. Neste contexto, a procura por modos alternativos de produção, que utilizem fontes orgânicas de adubo, sejam estes orgânicos certificados ou não, tem sido crescente nos últimos anos, seja pela redução dos custos de produção, seja pela possibilidade de aumento de renda em função dos valores mais elevados oferecidos pelo mercado de orgânicos (CARVALHO et al., 2018; MACIEL & TUNES, 2021).

O processo de decomposição da matéria orgânica, essencial para a disponibilização de nutrientes pela adubação orgânica, pode variar em função da exposição do material vegetal ao tempo. Os tecidos e órgãos vegetais mais novos se decompõem mais rapidamente que os mais velhos devido à maior concentração de celulose. Portanto, a alimentação dada aos animais pode interferir direta ou indiretamente no tempo de decomposição dos seus esterco, desta forma, podendo apresentar diferentes períodos da mineralização desta matéria e disponibilização de nutrientes pelas plantas. (CARVALHO et al., 2018; JALA et al., 2020).

Por esta razão, o ideal para se determinar a composição quantitativa e/ou qualitativa do adubo orgânico a ser utilizado para suprir uma determinada necessidade nutricional da cultura, é a execução de exames de laboratório para determinar a concentração de nutrientes e o grau de umidade do adubo a ser utilizado, antes mesmo da aplicação de qualquer algoritmo matemático visando a minimização de custos atendendo a determinadas necessidades nutricionais mínimas.

A implementação da tecnologia para a administração dos sistemas agropecuários tem recebido um grande destaque no meio rural, dado que a necessidade da criação de softwares para a organização e o gerenciamento das funções administrativas tem se tornado cada vez mais constante. Os exemplos mais comuns de objetivos de softwares para aplicação em sistemas produtivos agropecuários são: redução de custos, aumento da produtividade e adoção da produção em escala (SANTO, 2020; RIBEIRO et al 2021).

Um outro exemplo de aplicação de softwares à produção agropecuária é o sensor foliar desenvolvido por Santos (2020), onde a tensão elétrica nas folhas do feijão Caupi é captada, sendo correlacionada à quantidade de água disponível, temperatura, umidade e radiação solar. Os materiais utilizados são de baixo custo e o sistema é fundamental para o manejo de irrigação e para a economia de insumos e recursos utilizados. Santos (2020) concluiu que a tecnologia proposta é uma alternativa no auxílio da prática de irrigação para lugares nos quais o ambiente, de certa forma, não ofereça interferências significativas no funcionamento do protótipo (SANTOS, 2020).

A Pesquisa Operacional (PO) é um conjunto de métodos matemáticos e analíticos voltados para otimização de processos e/ou tomada de decisão, estando presente nos mais variados âmbitos de atuação e tendo como objetivo principal a estruturação lógica de dados disponibilizados que variam de acordo com a área em foco. (MARQUES & ARENALES, 2002).

Nos últimos anos, a pesquisa operacional foi aplicada à agricultura de diversas formas, como por exemplo as listadas a seguir:

- Produção agropecuária (MELGES, 2020; DE DONATO et al., 2021; TAKANA et al., 2020).
- Otimização de rotas de entregas alimentícia (MIRANDA et al 2021).
- Otimização de sistemas adutores de água (WEDIG, 2021).
- Sistema de poligeração para uma indústria de laticínios (CORREIA, 2021).
- Programação linear com aplicação nas decisões do sojicultor (CARVALHO, 2021).
- Vulnerabilidade à escassez hídrica (DE ARAÚJO et al., 2021).

Melges (2020) desenvolveu um modelo matemático para unidades de produção agropecuária visando maximizar o resultado econômico e, ao mesmo tempo, adequar o sistema de produção à legislação ambiental relativa à implementação da bovinocultura de leite, suinocultura e produção de grãos, nas condições do entorno do lago de Itaipu, no oeste do estado do Paraná, contribuindo, desta forma, para o desenvolvimento da região, gerenciamento das decisões dos agricultores em atividades agrárias, e diminuindo o “achismo”, que ainda vigora no setor de produção agrícola, em função da utilização de

ferramentas da pesquisa operacional, o que propiciou o aumento e estabilidade de renda conciliados ao cumprimento da legislação ambiental em relação à destinação correta dos resíduos.

O conhecimento prévio e preciso de safras agrícolas é uma questão estratégica na agricultura mundial. A previsão com eficiência tem sido uma atividade complexa, em função dos diferentes manejos, tipos de solos e climas. Modelos matemáticos que busquem simulações eficientes, descrevendo interações complexas, junto aos efeitos não lineares dos agroecossistemas, vêm sendo cada vez mais necessários. Uma das formas de estimar a produtividade das culturas é por meio de modelos matemáticos, que podem ser empíricos ou modelos que possuem fundamentação física e biológica. Os modelos têm contribuído, principalmente, para o conhecimento fisiológico das culturas, pois a modelagem tem evoluído à medida que se aumenta os trabalhos de experimentação, sendo que, a partir dos modelos já existentes, são associados outros novos modelos, obtendo-se resultados mais próximos à realidade. Portanto, os fenômenos da natureza junto aos processos biológicos, por representarem dados que se comportam de maneira imprecisa, necessitam de modelos eficientes que facilitem o entendimento e as simulações (TRAUTMANN, 2020).

Modelos matemáticos que busquem simulações eficientes, descrevendo interações complexas junto aos efeitos não lineares dos agroecossistemas, vêm sendo cada vez mais necessários, pois permitem estabelecer uma previsão eficiente dos fatores de produção da atividade agrícola, principalmente a produtividade. Neste sentido, os modelos têm efetuado previsões com base na fisiologia das culturas, e isto permite que, a partir dos modelos já existentes, sejam associados outros novos modelos, obtendo-se resultados mais próximos à realidade. (TRAUTMANN, 2020)

A Pesquisa Operacional também pode ser aplicada à otimização de custos da produção cafeeira por meio de um algoritmo genérico baseado na evolução natural de polinômios, que gera uma população de possíveis respostas para o determinado problema, de forma aleatória, e depois submete-a ao processo de evolução que é formado pelas etapas: Avaliação, onde são feitas análises para estabelecer o quanto as aptidões respondem ao problema que foi proposto; seleção, onde os indivíduos são selecionados para o processo de reprodução; atualização, onde estes indivíduos gerados e selecionados são inseridos na população e, por fim, a finalização que verifica a condição de encerramento da evolução, isto é, sendo atingida encerra-se a execução, caso contrário,

repete-se o algoritmo quantas vezes forem necessárias até à solução do problema. Desta forma, concluiu-se que os algoritmos genéricos são excelentes e eficazes na resolução de problemas complexos, apresentando também um rápido processamento (inferior a 5 segundos), o que, se amplamente aplicado pelos produtores de café do país, pode contribuir para o aumento da competitividade do setor (COSTA PEREIRA, 2021).

METODOLOGIA

O presente trabalho caracteriza-se como um relato de experiência de um dos projetos do IFRJ selecionados no âmbito do programa nacional “IF mais empreendedor”. Neste, houve um intenso esforço no sentido de envolver agricultores representantes de associações civis ligadas à agricultura no processo de aprimoramento do software, além da discussão de aspectos relacionados aos seus sistemas produtivos como um todo.

Os agricultores que participaram do presente trabalho estavam ligados a diversos grupos de agricultura ecológica, dos quais podemos citar: A rede Sustentabilidade, Educação, Integração e Vivência em Agroecologia (SEIVA), representada pela pequena empresa Meio Hectare; Sistema Participativo de Garantia (SPG); Entre folhas; SPG Pinheiral Orgânico, Organização de Controle Social (OCS) Macaé Orgânico; Associação dos Agricultores Biológicos do Estado do Rio de Janeiro (ABIO RJ). Todas estas associações civis ligadas à agricultura são integrantes da Articulação de Agroecologia do Rio de Janeiro (AARJ), a qual se fez representar em algumas reuniões.

O primeiro encontro online com os agricultores participantes do projeto foi coletivo (aberto a todos os participantes do projeto, agricultores e bolsistas) e durou cerca de duas horas. Foi realizado no dia 08/06/2021, tendo sido efetuados outros 4 encontros coletivos, também com 2 horas de duração, de junho até agosto. Os temas discutidos nestas reuniões foram: Técnicas de amostragem para estimativa de produção e fertilidade, conceitos relacionados a aspectos fitossanitários das culturas, controle de custos, manejo e conservação do solo, nutrição vegetal, nutrição animal.

A partir de agosto, as reuniões coletivas deixaram de acontecer, sendo substituídas apenas por reuniões individuais, as quais aconteceram, em média, a cada 10 dias com cada um dos agricultores. Nestas, foram coletadas informações sobre os sistemas produtivos de cada agricultor, e foram discutidos os seguintes temas: métodos básicos de planejamento e controle de produção, métodos multicritério de suporte à tomada de decisão, tomada de decisão sob risco e princípios básicos de irrigação.

Em geral, o tamanho da área das propriedades agrícolas variou entre 2 a 18 hectares, contando com as áreas de preservação. Em razão de serem pequenos agricultores orgânicos, apresentaram uma grande variedade de cultivos e criações, alguns tendo animais como: bovinos, equinos, aves e suínos e cultivos vegetais como: olerícolas de diversas famílias botânicas, que somam um total maior do que 35 espécies cultivadas, frutíferas (se dividindo entre as mais variáveis possíveis como: bananeiras, citros, goiabeira, açaí entre muitas outras) ao todo totalizaram mais de 40 espécies frutíferas cultivadas pelos produtores. As maiores dificuldades relatadas pelos agricultores do presente projeto foram os custos com mão de obra, combustível, insumos, embalagem, irrigação, energia, falta de estrutura, mudas e ração. Além dos custos, também foi citada a dificuldade de “encontrar pessoas dispostas a trabalhar no campo”, isto é, carência de mão-de-obra agrícola.

A maioria dos produtores já realizou análise de solo, alguns apenas de algumas glebas e outros da área agricultável total, contudo, todos os agricultores responderam que nunca fizeram análise química para aferir a composição química dos seus adubos orgânicos utilizados em seus cultivos vegetais. Todos manifestaram grande interesse em utilizar o software aprimorado no projeto, esperando que este proporcione um menor custo com adubação e economia de recursos naturais. O tempo de experiência dos agricultores em agricultura orgânica variou entre 6 e 28 anos.

O algoritmo do método Simplex foi inserido no programa em código Javascript para criar uma série de inequações respeitando todas as restrições informadas, de modo a obter a composição que proporciona a minimização de todos os coeficientes até que se chegue, após algumas iterações no resultado, ao menor gasto possível mas que ainda atenda a todas as necessidades nutricionais (kg do nutriente por hectare) informada pelo usuário do software. Isso só é possível se o usuário do software (agricultor) informar corretamente o preço dos adubos, sua composição em N, P₂O₅ e K₂O e o quanto de cada um destes nutrientes será fornecido (em kg por hectare) para a sua cultura.

A utilização de métodos de otimização é importante para auxiliar na redução de custos ou maximização de lucros. A funcionalidade efetuada pelo software que foi aprimorado no presente trabalho, de modo participativo pelos agricultores parceiros do projeto, é significativamente antiga, uma vez que o processo de otimização dos custos da adubação orgânica pode ser facilmente efetuado pela ferramenta Solver do Excel, por exemplo. A novidade consiste na simplificação máxima do processo de otimização, de

modo que, qualquer pessoa, ainda que não consiga formular as equações de restrição e a função objetivo necessárias ao funcionamento do algoritmo simplex, seja capaz de gerar resultados ótimos para a composição do seu adubo e seu preço, e necessidade nutricional determinada. Para que os agricultores tivessem a oportunidade de, futuramente e após um certo número de horas de estudo do Excel, realizar otimizações em outros processos produtivos, além da adubação orgânica, foi desenvolvido um guia de utilização da ferramenta Solver do Excel, o qual ficou disponível na mesma plataforma em que está o software aprimorado pelo presente projeto. Esta decisão foi tomada após alguns diálogos efetuados por meio de reuniões coletivas e individuais com os agricultores parceiros do projeto IF mais empreendedor.

Objetivou-se desenvolver uma interface com o usuário que fosse a mais amigável e simples possível. Ao final do projeto, convencionou-se que o software aprimorado ficará disponível, para qualquer pessoa que acesse o site, no endereço eletrônico da associação ABIO e da pequena empresa Meio hectare. A imagem 1 a seguir ilustra como é a interface do software desenvolvido na primeira etapa:

Figura 1 – Primeira etapa de utilização do software

Nome do Adubo:
Exemplo1

Preço por Tonelada (R\$):
500

N por Tonelada:
45

P₂O₅ por Tonelada:
45

K₂O por Tonelada:
5

Voltar Remover Avançar

É possível informar o preço de até 8 adubos para comparação simultânea, e devem ser preenchidos o nome, o preço (em reais por tonelada) e a quantidade de nutrientes (por tonelada), conforme figura 2.

Figura 2 – Imagem ilustrativa da interface de informação da composição e preço do software

Nome do Adubo:
Exemplo2

Preço por Tonelada (R\$):
500

N por Tonelada:
5

P₂O₅ por Tonelada:
5

K₂O por Tonelada:
45

Voltar Remover Avançar

Após preencher todos os adubos, deve ser preenchido a necessidade de nutrientes por hectare da cultura em questão em Kg de nutriente por hectare, e aguardar o resultado, conforme a Figura 3. Só é possível preencher as necessidades nutricionais por hectare enquanto o adubo selecionado for o primeiro.

Figura 3 – Imagem ilustrativa da interface de informação da recomendação de adubação de NPK adotada

Necessidades nutricionais por hectare

N:

200

P₂O₅:

200

K₂O:

200

Com o preenchimento de todos os dados, após clicar no botão Resolver teremos, o resultado, conforme a figura 4.

Figura 4 – Imagem ilustrativa da interface de resultado do software

Resultado

O resultado foi:
 Custo: R\$2000 por hectare
 Adubo Exemplo1 : 2 toneladas por hectare.
 Adubo Exemplo2 : 2 toneladas por hectare.

É importante esclarecer que a liberação de nutrientes, pela matéria orgânica, ocorre de modo variável conforme as condições de plantio, o ciclo da cultura e o tipo de adubo utilizado. Por esta razão, quando se utiliza apenas uma fonte de adubo orgânico para suprir a necessidade de um determinado nutriente de uma cultura, a quantidade de adubo a ser utilizada é ajustada pela equação expressa abaixo:

$$\text{Dose (t.ha-1)} = (\text{QNRC (kg.ha-1)}) / (\text{TNAO} \times \text{EUAO})$$

QNRC = Quantidade do nutriente recomendado para a cultura a ser implantada em kg por hectare.

TNAO = Teor do nutriente do adubo orgânico em kg por tonelada

EUAO = Eficiência do uso do adubo orgânico (adimensional).

O EUAO citado na equação acima costuma variar entre 0,2 e 0,8 e, em termos práticos expressa a quantidade do nutriente disponível no adubo orgânico que será perdido (não fornecerá nutrientes à planta). Um EUAO com valor 0,5 por exemplo, significa que para fornecer 200 kg por ha de um determinado nutriente utilizando um adubo orgânico que tenha 10 kg por tonelada deste mesmo nutriente, deve-se utilizar não 20 (200 dividido por 10) toneladas por hectare no plantio, mas sim 40 toneladas por ha.

Considerando estas informações expressas nos parágrafos anteriores, as quantidades de adubo recomendadas pelo software de minimização de custos da adubação orgânica devem ser multiplicadas por valores situados entre 5 e 1,25, conforme a pontuação obtida com os julgamentos do quadro 1. abaixo:

Quadro 1 – Fatores de correção à quantidade de adubo orgânico a ser aplicado

Fator	Boa	Mediana	Ruim
Drenagem do solo	+5	+25	+80
Água disponível	+5	+20	+50
Relação C/N do adubo	Abaixo de 20 = +10	De 20 a 80 = + 30	Acima de 80 = +70
Ciclo da cultura	Longo = + 10	Médio = +30	Curto = +70

Utilizar os valores do quadro 2 abaixo para multiplicar a recomendação de adubação obtida pelo software de minimização de custos da adubação orgânica

Quadro 2 – Fatores de multiplicação corretivos da adubação orgânica

Pontuação	Fator de multiplicação
-----------	------------------------

Entre 270 e 200	Entre 4 e 5
Entre 105 e 199	Entre 2 e 4
Entre 104 e 30	Entre 1,2 e 2

Para o desenvolvimento e aprimoramento do software, foi essencial que houvesse um estudo das necessidades dos agricultores de acordo com seus afazeres, por isso, efetuaram-se pesquisas e conversas onde foram analisadas suas maiores dificuldades. Após essas pesquisas e com algumas das necessidades mais urgentes mapeadas, foram estudadas e anotadas todas as melhorias que poderiam ser feitas levando em consideração experiência do usuário e interface que facilitassem a harmonia dos elementos de acordo com o perfil dos agricultores. Toda essa estruturação foi necessária para que, de fato, fosse possível aplicar as mudanças no código fonte do software, onde a codificação foi realizada principalmente com as linguagens de programação PHP e JavaScript, responsável pela criação e aplicação das funções matemáticas, juntamente com o uso das linguagens HTML e CSS, responsáveis pela marcação e estilização respectivamente, que em conjunto criam toda a interface e experiência do software.

Todas as ações buscaram envolver à participação dos agricultores e ser uma resposta às questões levantadas por estes, conforme estabelecem os preceitos da pesquisa participativa, a qual é voltada para a solução de problemas específicos da comunidade e considera opiniões dos participantes e aspectos relacionados a própria localidade da população (culturais, aspectos práticos, conhecimentos específicos da região, etc). Isto por si só já a diferencia de outros tipos de pesquisa, contudo, sua característica mais marcante consiste no fato desta incluir a comunidade nos processos de tomada de decisão da atividade de pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Alguns agricultores participantes do projeto do presente estudo não souberam indicar qual a recomendação de adubação adotada em seus plantios (em outras palavras, quantos kg de N por ha eu pretendo fornecer à minha cultura, por exemplo). Considerando que, sem esta informação, é impossível atingir o objetivo a que se propõem o software (encontrar a quantidade de adubos que alcancem a recomendação de N, P2O5 e K2O da adubação com o menor custo possível), percebe-se que ações educativas relacionadas a

conceitos básicos de adubação e fertilidade vegetal são necessárias para conduzir os agricultores a um manejo mais racional, onde as decisões não sejam tomadas de modo empírico. Apesar disso, todos os agricultores avaliaram que o software facilita e aprimora significativamente a tomada de decisão relacionada à adubação orgânica.

Com a grande instabilidade do mercado de commodities, para que um produtor possa maximizar seu desempenho econômico-financeiro, torna-se primordial a gestão eficiente do negócio agropecuário, tendo como princípios fundamentais a minimização de custos, a otimização da utilização do espaço produtivo e o aumento dos níveis de produtividade. A primeira alternativa, pela otimização no sentido de diminuir a quantidade de insumos, buscando reduzi-los ao máximo possível, para se obter uma determinada produção pré-definida. A segunda alternativa, pela busca por uma renda líquida máxima, dado o uso de tecnologias, de insumos variáveis, em que numa mesma área produtiva objetiva-se a máxima produção. O processo de aquisição de alguns insumos pode influenciar na renda do produtor, numa relação direta com a formação de preços (CARVALHO, 2021).

A utilização de modelos matemáticos, além de contribuir para uma adubação orgânica mais eficiente, como pôde ser observado no presente trabalho, também pode otimizar a mistura ideal de fertilizantes a ser usada durante a fertirrigação (alguns são incompatíveis por provocarem a precipitação do outro), evitando desta forma, o desperdício de recursos, além de poupar o tempo do agricultor que não precisa mais verificar cuidadosamente tabelas de incompatibilidade (MOTA, 2020).

Borges (2019) em um trabalho cujo objetivo foi desenvolver um software de interpretação e recomendação da necessidade de aplicação de corretivos do solo, observou que o mesmo é capaz de fornecer uma resposta mais rápida e mais precisa sobre qual a dose necessária de calcário para corrigir o solo analisado, tendo sido desenvolvido especificamente para ser utilizado no bioma Cerrado, diferente de outros aplicativos como o FertFácil, Fértil Agrowin, KLF Agrosoluções, CPT Adubação e o CADUB GHF. O processo de análise e levantamento de requisitos destes softwares é muito semelhante em razão, principalmente, destes possuírem a mesma finalidade.

Priebe et al. (2019) desenvolveram um software que se baseia na recomendação de fertilizantes que devem ser usados como parâmetros para recomendar a adubação de Nitrogênio (N), Fósforo (P₂O₅) e Potássio (K₂O) das culturas, apresentando recursos

acessíveis e bem posicionados, todos explicados em um manual do usuário que, se corretamente seguido, evitam o desperdício de fertilizantes por meio da simulação de cenários específicos.

Com o desenvolvimento de máquinas tecnológicas com alto desempenho que aceitam e analisam grandes conjuntos de dados, a Pesquisa Operacional (PO) pode proporcionar uma análise mais precisa de dados em menor tempo e em maior quantidade, o que colabora para a popularidade do método e conseqüentemente na sua utilização. Além de possibilidades de otimização, a PO garante um maior controle operacional na área em que for utilizada, gerando melhor retorno na gestão, nos lucros e/ou nos recursos utilizados. (CARVALHO, 2021)

Outras ferramentas de otimização que usaram a programação linear aplicada à agricultura estão presentes no estudo de Trautmann (2020), que desenvolveu modelos matemáticos eficientes na simulação da produtividade e qualidade química dos grãos de trigo por lógica fuzzy, redes neurais artificiais e do híbrido neuro-fuzzy, com otimização do uso do nitrogênio via algoritmos genéticos pelas relações que envolvem as formas de fornecimento do nutriente, associado aos estímulos fenológicos e ambientais nos principais sistemas de cultivo do noroeste do Rio Grande do Sul, assim como em outro estudo realizado por Carvalho (2021), que aplicou os conceitos e métodos da Programação Linear para construir modelos de otimização voltados para a gestão de uma propriedade agrícola produtora de soja, e obteve soluções com o recurso denominado GAMS (General Algebraic Modeling System), uma linguagem de modelagem robusta direcionada a resolver problemas lineares e não-lineares. Foram usadas variáveis financeiras e técnicas, representadas por um modelo matemático de programação linear, que ao ser processado através da simulação de resultados diversos, com variações dos custos produtivos, da produtividade da área e do preço de venda do produto final, forneceu uma solução ótima para o problema.

Uma outra maneira pela qual o desenvolvimento de softwares pode otimizar a fertilidade vegetal é a criação de um novo método que utiliza recursos eletrônicos no processo de avaliação da nodulação da soja. Softwares podem ser desenvolvidos e introduzidos com o objetivo de tornar as etapas de análise da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) na soja mais rápidas e com menores margens de erros, em razão da automatização dos processos e da menor necessidade direta de mão de obra. A substituição de um método demorado e manual por um processo automatizado, que não

deixa de seguir as regras essenciais de cada etapa, pode auxiliar os analistas, proporcionando um aumento na quantidade de avaliações realizadas e maior precisão de resultados na determinação do número de nódulos presente no produto (DE SOUSA, 2021).

Vaz (2019) desenvolveu um framework para criar um sistema capaz de configurar índices agrícolas para tipos distintos de culturas (porém usando a mesma estrutura de medição), o qual foi aplicado junto aos agricultores da Rede de Referências para a Agricultura Familiar. O framework pode ser modificado de acordo com as novas políticas e técnicas dos agricultores, de modo a integrar os conhecimentos e tecnologias oriundos da agricultura familiar à este software, reduzindo as desigualdades geradas pela heterogeneidade de condições de produção e as limitações de acesso à tecnologia dos agricultores.

O framework para modelos de mensuração de desempenho tecnológico em sistema de produção agrícola, desenvolvido por Vaz (2019), cumpriu todos os estágios fundamentais (especificação, desenvolvimento e testes) para a elaboração de um sistema. Na etapa de especificação, foram realizados os regulamentos de negócio, a interface e o banco de dados. O desenvolvimento foi feito através da ferramenta MySQL Workbench e, por meio dos integrantes das Redes de Referência para Agricultura Familiar, foram realizados os testes para a confirmação do framework, coletando dados para verificar as tecnologias por eles adotadas.

De acordo com Santarosa et al. (2021), desde meados da década de 1990, a Embrapa Florestas desenvolveu o software SisEucalipto. Neste programa, é determinado o tipo de desbaste mais adequado para cada povoamento, a época e a intensidade ideais para a sua realização, e o momento ideal para o corte final. O software está sendo utilizado em aproximadamente 1,5 milhão de hectares de florestas plantadas de eucalipto, e propicia a melhoria da qualidade de madeira. Estima-se que para cada R\$ 1,00 investido em sua aquisição, exista um retorno financeiro de R\$ 1955,21, o que demonstra a importância da adoção de tecnologias de informática ligadas à Pesquisa Operacional no desenvolvimento econômico do país.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As principais etapas do plano de manejo executado pelos agricultores que participaram do presente projeto foram, mesmo quando empíricas, compreendidas, e com

isto foi possível sugerir alguns pontos a serem melhorados no processo produtivo, entre eles, a utilização do software aperfeiçoado ao longo do presente projeto de extensão. As ferramentas de melhoria no processo decisório apresentadas foram consideradas satisfatórias pelos agricultores e o modo de utilização do software minimizador de custos da adubação orgânica foi bem compreendido.

Durante as entrevistas executadas individualmente com os agricultores, muitos demonstraram certa indecisão quanto aos valores que deveriam utilizar no preenchimento dos dados solicitados pelo aplicativo para que este retornasse a composição ótima do adubo orgânico. Isto explicita que muitos deles adotam sistemas produtivos mais empíricos, sem utilizar dados matemáticos, ou melhor dizendo, uma metodologia de produção sistematizada para efetuar o planejamento que precede à execução das ações do seu sistema produtivo agrícola.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORGES, V. Q. **Software de interpretação e recomendação da necessidade de corretivos de solo e fertilizantes nas culturas do milho, soja e feijão na região do Cerrado**. 2019. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

CARVALHO, F. H. de. **Modelo de programação linear e sua aplicação com o uso da linguagem GAMS para o apoio nas decisões do sojicultor**. 2021. 81 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/32044>. Acesso em: 01 nov 2021.

CARVALHO, R. S; DIDOLANVI, O. D; FRANÇA, K. S; RODRIGUES, R. M. P; OLIVEIRA, R. L; REIS, L. O. Efeito de diferentes doses de adubação orgânica no desenvolvimento da couve manteiga no Vale do Submédio São Francisco. V.13 n.1 (2018):**Anais de VI congresso Latino-americano de agroecologia**; X Congresso Brasileiro de Agroecologia; V Seminário de Agroecologia do Distrito Federal e Entorno 12 a 15 de setembro de 2018 , Brasília \ DF.

CORREIA, V. H. L. **Síntese e otimização de um sistema de poligeração para uma indústria de laticínios**. 2021. 91 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2021. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/20911/1/VictorHugoL%c3%b4boCorreia_Dissert.pdf. Acesso em: 03 ago. 2022.

COSTA PEREIRA, D. Otimização do custo de produção do café utilizando algoritmo genético. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar** - ISSN 2675-6218, [S.l.], v.2, n.1, p.252–266, 2021.

DE ARAÚJO, M. D.; DE BRITO, ARAÚJO, Y. M.; DE OLIVEIRA, R. **Governança da água: vulnerabilidade à escassez hídrica**. Editora Amplla, Campina Grande, 2021, 58 p.

DE DONATO, A.; DOS SANTOS, M.; DE DONATO, I. M. L. Modelo de otimização de custos de adubação orgânica. **Revista Eletrônica Perspectivas da Ciência e Tecnologia**, v. 13, p. 45 -65, 2021.

DE SOUSA, R. G. **Desenvolvimento de um software para avaliação da nodulação da cultura da soja em ambiente de pesquisa**. 2021. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências da Computação) – Pontofícia Universidade Católica, Goiânia, 2021.

JALA, I; SILVA, C; NÓBREGA, R; OLIVEIRA, E. Crescimento inicial de manivasmente de genótipos de mandioca em função de substratos orgânicos. **Cadernos de Agroecologia – Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia**, São Cristóvão, Sergipe - v. 15, no 2, 2020.

MACIEL, L. M; TUNES, L. V. M. Benefícios e desafios da agricultura de orgânicos no Brasil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.6, p. 58614-58623 jun. 2021.

MARQUES, F. P.; ARENALES, M. N. O problema da mochila compartimentada e aplicações. **Pesquisa Operacional**, v. 22, p. 285-304, 2002.

MELGES, A. I. **Pesquisa operacional aplicada à otimização de uma unidade de produção agropecuária do Oeste Paranaense**. 2020. 130 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio) – Programa de Pós-graduação em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, 2020. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/25461/1/otimizacaounidadeproducaoagropecuaria.pdf> Acesso em: 02 ago. 2022.

MIRANDA, A. L.; SOLIANI, R. D.; DE FREITAS, C. G. Otimização de rotas de entregas: um estudo de caso em uma empresa do setor alimentício. **Revista Conexão na Amazônia**, v. 2, n. 1, p. 152-169, 2021.

MOTA, F. D. **Modelo matemático para otimização na seleção de fertilizantes a aplicação via fertirrigação**. 2020. 93f., Teses de doutorado (Pós-graduação em Agronomia, Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp, Botucatu, 2020.

PRIEBE, H. A.; OLIVEIRA, R. R. A. O.; LUZ, A. R.; DORNELLES, E. S.; BEZERRA, G. A. S. DUTRA, D. V.; MARAN, V.; FERREIRA, P. A. A.; Modelagem para

recomendação de calagem e adubação para as principais regiões produtoras de grãos do Brasil na linguagem SQL. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM**, v. 40, p. 131 – 139, Cachoeira do Sul, 2019.

RIBEIRO, A. A.; DE ARAÚJO, E. C.; BAZZI, C. L. Prototipação de interfaces de aplicativo agrícola para smartphones: UX no processo de desenvolvimento. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 35639-35663, 2021.

SALDANHA, C. F.; RIBEIRO, K. D. Eficácia do composto de cama de frango como adubo orgânico no cultivo de alface (*lactuca sativa* l.) em ambiente protegido. **Sustentare**, v. 5, n. 1, p. 49-62, 2021.

SANTAROSA, E. GOULART, I.C.G. dos R. PENTEADO JÚNIOR, J. PORFIRIO DA SILVA, V. **Transferência de tecnologia para o sistema de produção de eucalipto**. Embrapa Florestas - Capítulo em livro científico (ALICE). 2021. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1131908>. Acesso em: 2021-05-19.

SANTOS, D. J; SANTOS, J. C; PERIM, L. Fertilizantes Orgânicos na Produção Sustentável no Estado de Sergipe. **Cadernos de Agroecologia – Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia**, São Cristóvão, Sergipe - v. 15, no 2, 2020.

SANTOS, M. F. **Software para quantificação via imagens digitais: determinação do teor de clorofila em óleo de soja**. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/4997>. Acesso em: 27 Junho, 2021.

TAKANA, A. H. A; MERA, W. Y. W. L; SILVA, A. O; MELO D.M; VIEGAS, I. J. M; SILVA, D. A. S; JUNIOR A. M. G. S. Fertiup! – aplicativo de recomendações de adubação e calagem para plantas medicinais. **Brazilian Journal of Development**., Curitiba, n. 1, p. 430-440, 2020.

TRAUTMANN, A.P.B. **Modelagem matemática e computacional da produtividade do trigo e otimização do uso do nitrogênio nas condições fenológicas e ambientais**. 2020. Dissertação de Mestrado. Universidade Regional Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí-RS, 2020.

VAZ, M. C. S. **Framework para modelos de mensuração de desempenho tecnológico em sistemas de produção agrícola**. 2019. 140 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, [S. l.], 2019. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/4042> Acesso em: 29 jun. 2021.

WEDIG, M. F. **Otimização de sistemas adutores de água utilizando técnicas de geoprocessamento**. 2021. 87 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul. Disponível em:

<https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/8872/TCC%20Mateus%20Felipe%20Wedig.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em 04 ago. 2021.

Recebido em: 12 de janeiro de 2023.

Aceito em: 25 de julho de 2023.