

## Desenvolvimento de um sistema para recomendação de calagem e adubação para as culturas de grãos

Development of a system for recommendation of calage and fodder for grain crops

Robert Rafael Araujo Oliveira<sup>1</sup>, Henrique Alfonso Priebe<sup>2</sup>, Adriano Rodrigues Luz<sup>3</sup>,  
Eduardo Silveira Dornelles<sup>4</sup>, Gustavo Alves da Silva Bezerra<sup>5</sup>, Diones Vargas Dutra<sup>6</sup>, Vinícius Maranhão<sup>7</sup>  
e Paulo Ademar Avelar Ferreira<sup>8</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6,7,8</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Cachoeira do Sul, Brasil

robertrafaelvg@gmail.com; henriquepriebe97@gmail.com; adrianorodrigues329@gmail.com; eduardodornellesilveira@hotmail.com  
gustvoasbezerra@gmail.com; diones.de@redes.ufsm.br; ferreira.aap@gmail.com; vinicius.maranhao@ufsm.br

### Resumo

*As recomendações de calagem e adubação para as diferentes culturas nas principais regiões produtoras do País fundamentam-se no conhecimento gerado por pesquisadores da área de ciências do solo. Tabelas de interpretação para os teores de nutrientes no solo e tabelas com as quantidade de nitrogênio, fósforo e potássio foram elaboradas para os diferentes manuais publicados em alguns estados/regiões. Sob a designação de AGROFERT, foi criado um sistema WEB que tem como objetivo integrar as informações dos sistemas de recomendação de corretivos e fertilizantes para os estados do Rio Grande do Sul/Santa Catarina e Paraná para as principais culturas de grãos e avaliar as evolução das características químicas do solo. O sistema apresenta uma base científica consistente, permitindo recomendações mais abrangentes e passíveis de contínuo aperfeiçoamento. Até o momento os diferentes sistemas de recomendação informatizados existentes são específicos para um único estado/região e trazem informações mais simplórias. O sistema Agrofert possibilita uma economia de tempo, pois seu uso dispensa calcular, corrigir e redigir recomendações pelo método tradicional (Manual).*

### Abstract

*The recommendations of liming and fertilization for the different crops in the main producing regions of the country are based on the knowledge generated by researchers in the area of soil science. Interpretation tables for nutrient contents in the soil and tables with the amount of nitrogen, phosphorus and potassium were elaborated for the different manuals published in some states / regions. Under the name of AGROFERT, a WEB system was created that aims to integrate the information of the correction and fertilizer recommendation systems for the states of Rio Grande do Sul / Santa Catarina and Paraná for the main grain crops and to evaluate the evolution of the characteristics of the soil. The system has a consistent scientific basis, allowing for more comprehensive recommendations that can be continually improved. To date, different existing computerized recommendation systems are specific to a single state / region and provide simpler information. The Agrofert system saves time, since its use does not require calculating, correcting and writing recommendations by the traditional method (Manual).*

## 1 Introdução

A demanda mundial por alimentos é crescente e para atender essa ampla procura, que ocorre principalmente por produtos provenientes da agricultura, é necessário investir cada vez mais em tecnologia e implantar sistemas sustentáveis. Desta forma, o manejo adequado do solo é fundamental para aumentar a produtividade e evitar a degradação das áreas cultiváveis, garantindo assim qualidade de vida para as futuras gerações (Rabello et al, 2010).

O setor agropecuário está passando por um processo de adaptação aos meios tecnológicos. São vários fatores que contribuem para esses avanços, dentre os quais se destacam: (i) pressões competitivas geradas pelo agronegócio, e (ii) maior exigência dos consumidores por produtos com alta qualidade e necessidade de conservação ambiental. Neste cenário, o agricultor é estimulado a investir cada vez mais em tecnologia, pois com o uso de tecnologia é possível garantir a eficiência e qualidade do processo gerando cada vez menos impactos ambientais (Becker, 2016).

O uso de fertilizantes e corretivos do solo estão diretamente ligados ao aumento da produção agrícola, mas se forem usados de forma inadequada, podem causar impactos ambientais e aumentar custos de produção Molin et al. (2011).

Dentre os tipos de manejo de solo em que objetiva-se o aumento de produtividade, a calagem é um dos principais, pois tal procedimento reduz a acidez do solo e fornece micronutrientes essenciais as plantas. É a calagem que possibilita à planta ter uma melhor exploração do perfil do solo, uma vez que o cálcio incorporado ao solo estimula o desenvolvimento do sistema radicular e possibilita uma maior exploração da água e nutrientes contidos no solo.

Com isso a planta adquire uma maior tolerância ao estresse hídrico e em sistemas irrigados há uma redução no uso da água. Outros benefícios obtidos com a correção do solo são: (i) aumento da disponibilidade do fósforo; (ii) diminuição da disponibilidade de alumínio e elementos tóxicos às plantas; (iii) aumento da mineralização de matéria orgânica e (iv) aumento da agregação de partículas do solo que conseqüentemente reduz a compactação (Santiago e Rossetto, ano não encontrado).

Camargo, (2012) relata que a aplicação de adubos é outro importante tipo de manejo e é fundamental para gerar maiores produtividades, pois esses são fontes de nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas. Estima-se que os fertilizantes são responsáveis por aproximadamente 33% da produção agrícola e em alguns países o uso desses insumos são responsáveis por 50% da produção.

Uma vez que os fertilizantes são recomendados e aplicados de forma correta, são inúmeros os benefícios obtidos, dentre os quais se sobressaem: a reposição de nutrientes ao solo que são perdidos por lixiviação e exportação dos grãos, fatores que, se não forem controlados causam a degradação do solo por esgotamento de nutrientes; melhoramento da ciclagem de nutrientes, pois plantas cultivadas em solos bem manejados, tem um melhor desenvolvimento do sistema radicular. Logo haverá um volume maior de solo explorado e nutriente absorvido pelas plantas, fenômeno que reduz as perdas por lixiviação e eleva a produtividade. As propriedades físicas do solo também são melhoradas, pois raízes mais vigorosas promovem uma maior agregação das partículas e descompactação do solo durante seu crescimento, além de melhorar a aeração e taxa de infiltração do solo (Camargo, 2012).

A quantidade de adubo e corretivos do solo a serem aplicados para diferentes culturas são estimadas com base em curvas de resposta, onde de acordo com a cultura e os teores de nutrientes contidos no solo, são estabelecidas as doses de fertilizantes, sendo que, a quantidade recomendada poderá modificar conforme o estado ou região. Tais curvas de respostas são criadas por especialistas que conduzem experimentos a fim de obterem os teores ideais de nitrogênio, fósforo e potássio, além de alguns micronutrientes que o solo deve conter para que a cultura tenha a produtividade otimizada. Com base nessas informações, são elaborados manuais de recomendação de calagem e adubação. O uso de manuais se torna demorado, pois é necessário efetuar uma série de interpretações até obter a dose de fertilizante e em seguida calcular a formulação comercial.

Além disso, é evidente que os pesquisadores estão constantemente atualizando as recomendações ideais para cada cultura, exigindo dos profissionais uma busca contínua por informações atualizada. (Citar os manuais)

Neste contexto, sistemas de informação para realização de recomendações relacionadas a adubação e calagem se tornam ferramentas úteis, pois com desenvolvimento desse tipo de sistema será possível evitar interpretações errôneas, e agilizar a obtenção de informações necessárias para aquisição de insumos usados no manejo das áreas. É por meio desses sistemas que será possível criar banco de dados, contendo informações de determinadas áreas, o que possibilita criar gráficos com a evolução da fertilidade dessas áreas (Gubiani et al, 2007).

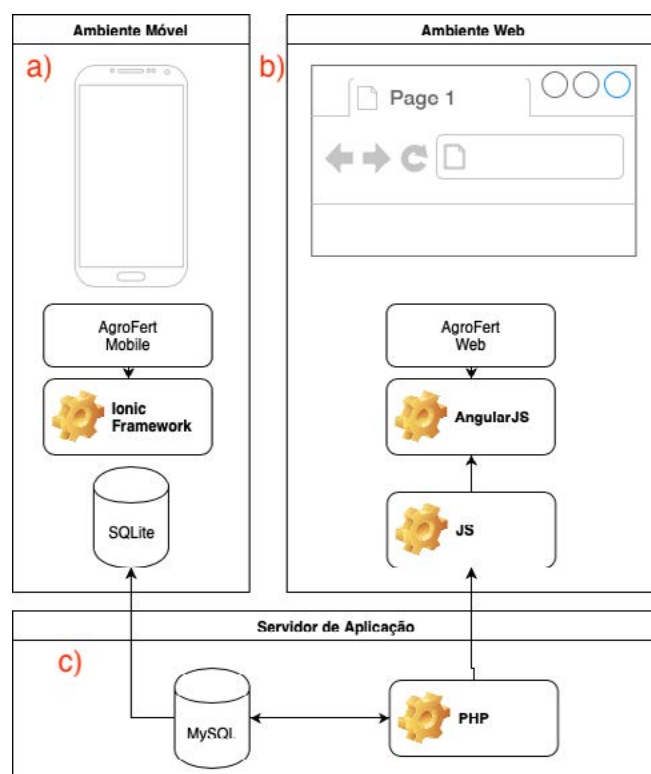
## 2 Material e métodos

O sistema AgroFert foi desenvolvido utilizando as linguagens PH e Javascript, juntamente com as tecnologias angularJS e Google Maps API.

### 2.1 – Arquitetura desenvolvida

A arquitetura do sistema AgroFert é apresentada na Figura 1.

Figura 1 – Arquitetura do sistema AgroFert



A arquitetura do sistema é separada em três conjuntos de componentes:

- Ambiente Móvel:** É o módulo do sistema AgroFert executado nas plataformas Android/iOS. Foi implementado utilizando o *framework* Ionic e utiliza um banco de dados local para realizar as

recomendações. A estrutura deste banco de dados local é semelhante à estrutura do banco de dados utilizado no servidor de aplicação;

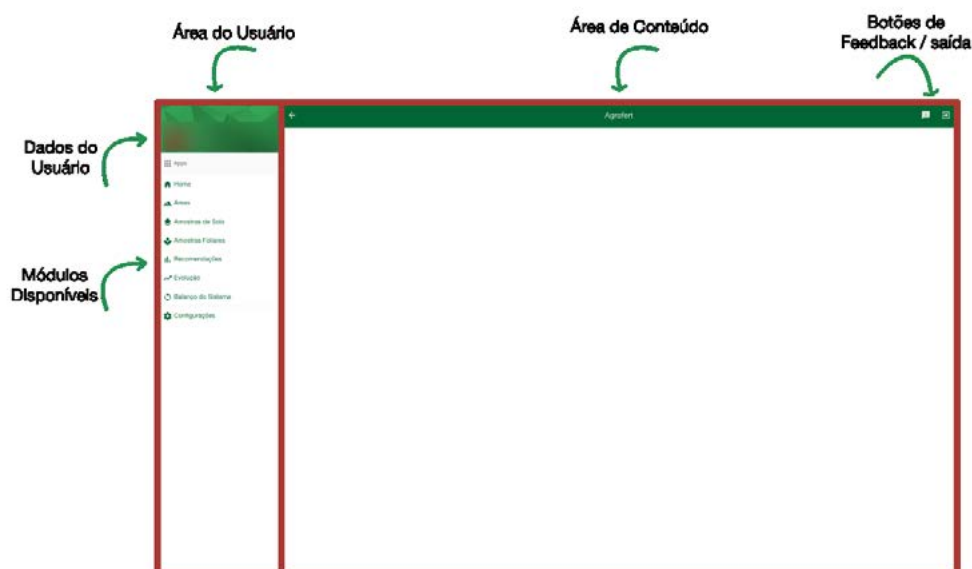
- b) **Ambiente Web:** É o módulo do sistema AgroFert interpretado por navegadores. Foi implementado utilizando o *framework* AngularJS e utiliza rotinas em Javascript (JS) para requisitar serviços ao servidor de aplicação;
- c) **Servidor de aplicação:** Implementa rotinas na linguagem PHP para tratar as requisições feitas pelos ambientes móvel e web. Utiliza informações e procedimentos armazenados em um banco de dados relacional implementado na ferramenta MySQL;

O sistema conta com uma interface dinâmica e interativa propondo ferramentas que fazem desde o cadastro de áreas e análises de solos até o preenchimento dos formulários necessários para serem geradas as recomendações. Na Figura 2 é apresentada uma interface do sistema AgroFert com a identificação dos principais elementos de interface. A interface principal do sistema é separada por duas áreas (marcadas em vermelho na imagem):

**Área do Usuário:** Apresenta informações básicas sobre o usuário e apresenta o menu de acesso aos módulos que o usuário pode acessar no sistema. Cada módulo possibilita a execução de tarefas específicas e modifica a área de conteúdo;

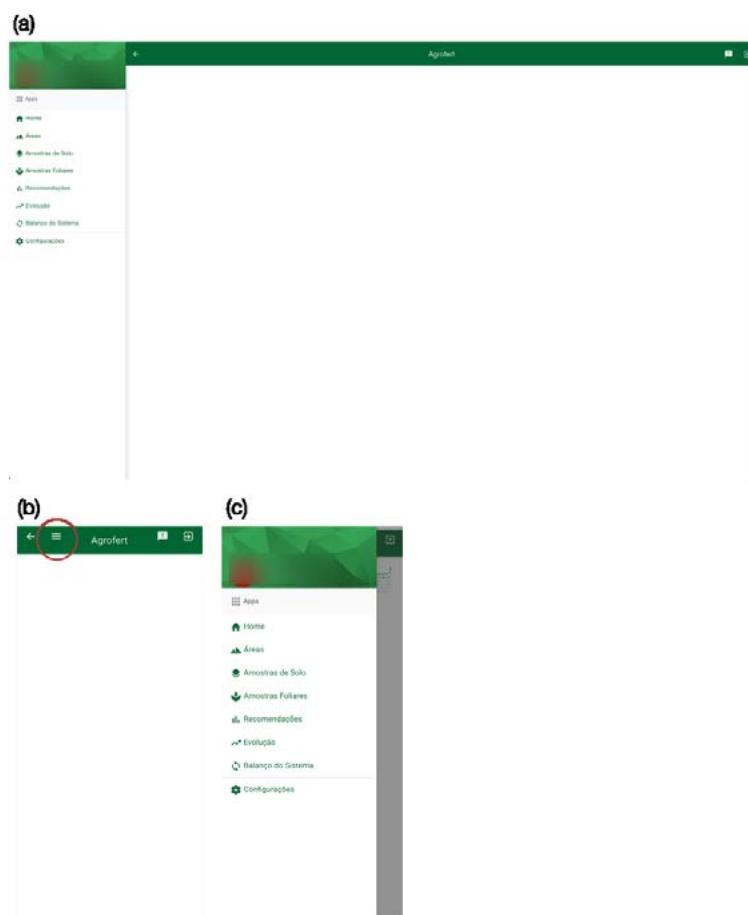
- (i) **Área de Conteúdo:** É um *container* que é modificado conforme o módulo que está sendo executado pelo usuário.

Figura 2 – Identificação dos principais elementos de interface do AgroFert.



As interfaces do sistema são responsivas para diversos dispositivos e de diversas formas. As áreas de usuário e conteúdo se comportam de modo diferente em relação à responsividade. A Área do Usuário é apresentada como área estática em dispositivos com resolução alta e é apresentada como menu em dispositivos com resolução mais baixa (Figura 3). A Área de Conteúdo é apresentada da mesma forma em dispositivos de diferentes resoluções, porém com componentes internos responsivos.

Figura 3 – Exemplos da interface em dispositivos com alta resolução (a); Baixa resolução antes da ativação da área de usuário através do botão marcado em vermelho (b); Após a ativação da área de usuário.



As informações necessárias para a recomendação de calagem e fertilizantes são fornecidas pelos usuários do sistema através de formulários no sistema. Foram utilizados modelos matemáticos presentes nos diferentes sistemas de recomendação para os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.

## 2.2 - Calagem

O AgroFert utiliza dois métodos para a recomendação de calagem: a saturação por bases para o estado do Paraná (PR) e o índice SMP para o Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC) (SILVA et al., 2016). Para atingir os valores de saturação de bases desejada pela cultura nas recomendações de calcário para o estado do PR, utilizou-se o método de saturação de bases atual do solo e a CTC pH7.0. Para os estados dos RS e SC, para atingir o pH desejado das culturas em função da quantidade de corretivo aplicada, utilizou-se a equação desenvolvida a partir de valores de acidez potencial ( $H + Al$ ).

## 2.3 - Recomendação de Fertilizantes

O AgroFert estima as quantidades de um nutriente com base na interpretação dos resultados da análise de solo. O suprimento desses nutrientes é estimado a partir dos teores desses nutrientes indicados na análise química de solo e partir da expectativa de produtividade das culturas. O solo é o principal reservatório de nutrientes às plantas e contém quantidades

variadas desses elementos e pode suprir, parcial ou totalmente, a demanda das culturas de grãos. A análise química do solo é a ferramenta mais adequada e utilizada para avaliar a disponibilidade de nutrientes às plantas.

O Agrofert realiza a recomendação de adubação para todos os macronutrientes e micronutrientes. Para as recomendações de nitrogênio são levados em consideração os teores de matéria orgânica do solo e o cultivo anterior que interfere na disponibilidade de nitrogênio no solo. Os demais nutrientes são recomendados com base em sua disponibilidade no solo medidos com extratores específicos para cada nutriente. Os extratores mais utilizados no País para análise química dos nutrientes considerados no sistema são o Mehlich-1 (P, K e Zn), Resina (P, K, Ca e Mg), KCl (Ca e Mg), DTPA (Zn), Ca (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 500 mg L<sup>-1</sup> de P, em HOAc 2 mol L<sup>-1</sup> ou em H<sub>2</sub>O (S) e água quente (B).

Com base em dados publicados na literatura, o Agrofert utiliza para cada nutriente e extrator utilizado, valores referencias para interpretar os resultados presentes na análise de solo e recomendar as quantidades necessárias de fertilizantes.

### 3 Avaliação e discussão

Para realizar simulações com o Agrofert, tomaram-se resultados analíticos de uma amostra de solo analisadas no laboratório de rotina do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria. Realizaram-se simulações para verificar as variações das doses dos nutrientes recomendadas em função da produtividade esperada e do teor desses nutrientes no solo. A avaliação das interfaces criadas no sistema AgroFert foi realizada através da execução de um cenário de uso do sistema, com dados reais sobre áreas e amostras de solo e avaliação de especialistas em relação à utilização do sistema. O cenário de uso do sistema é apresentado à seguir.

#### 3.1– Cenário de Uso

Para realizar a avaliação das interfaces do sistema AgroFert, foi definido o seguinte cenário de uso:

*João é engenheiro agrônomo e utiliza o AgroFert como sistema de suporte na tomada de decisão para interpretar resultados de análises de solo e recomendar aplicação de fertilizantes nas áreas de seus clientes. Em um certo dia, João recebe os resultados de três análises de solo realizadas na área de um cliente. As análises de solo contêm informações sobre o solo nos pontos coletados.*

*Após receber o resultado, João acessa o AgroFert através da tela de login e confirma que as áreas do cliente estão cadastradas e associadas à sua conta. Após esta confirmação, João utiliza o módulo de cadastro de amostras para inserir os dados sobre as análises de solo coletadas anteriormente. As informações são inseridas no formulário de cadastro e João confirma a inserção das informações no sistema.*

*De acordo com as informações do cliente de João, a intenção para a próxima safra é plantar Soja nas áreas onde as amostras foram coletadas. João acessa o módulo de recomendações do AgroFert e assinala a opção de recomendação utilizando o manual do Rio Grande do Sul e a cultura Soja. O AgroFert apresenta um relatório de recomendação para João, que imprime o relatório na versão impressa para apresentá-lo ao cliente.*

*João deseja verificar a evolução na fertilidade no solo da mesma área que realizou a recomendação. Para isso, acessa o módulo de evolução e seleciona a área desejada do cliente. O AgroFert apresenta uma relação de gráficos à João, que os analisa e verifica que não houve alterações significativas na área do cliente.*

Após a definição do cenário de uso, foi realizada uma avaliação das interfaces considerando o cenário descrito anteriormente. A avaliação é apresentada na próxima seção.

### 3.2 – Avaliação no Cenário de Uso

A execução do cenário de uso foi realizada na versão do AgroFert lançada no mês de agosto de 2018 no endereço <https://agrofert.app>. Após o acesso ao sistema o usuário deve fazer um cadastro de uma área, na qual serão informados o estado e a cidade no qual o produtor ou técnico está sediado, além da informação do tamanho da área em hectares.

Dentro de cada área o usuário pode cadastrar resultados de análise de solo coletados em diferentes épocas e diferentes profundidades (Figura 4). Nesse cadastro são informados os valores de pH do solo utilizando diferentes soluções para sua determinação, teores de macronutrientes e micronutrientes, teor de argila e matéria orgânica que são utilizados para interpretação e verificar qual a necessidade de recomendação de corretivos e fertilizantes. A partir dessas informações inseridas no sistema o usuário pode realizar recomendações de corretivos e fertilizantes para os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.

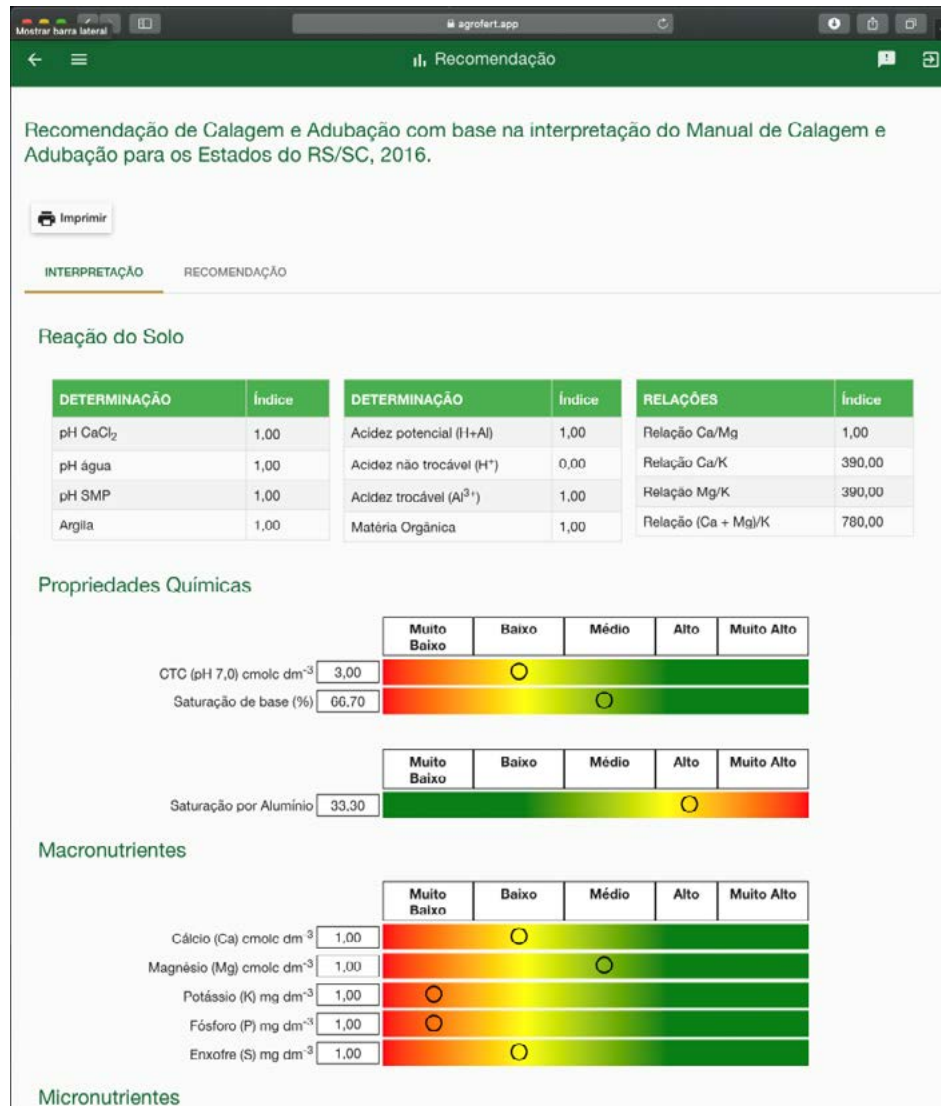
Figura 4 – Cadastro de uma nova análise de solo no sistema

O próximo passo é o usuário interpretar os resultados de análise de solo e fazer a recomendação de corretivos e fertilizantes para sua cultura de interesse. O usuário sediado na região do Rio Grande do Sul e Santa Catarina não poderá utilizar as informações contidas para a região do Paraná. No link recomendações o usuário seleciona a área e amostra de solo, na sequência seleciona a região e confirma (Figura 5).

Figura 5 – Cadastro de uma nova recomendação no sistema

Após a seleção da cultura de interesse o produtor deve informar o tipo de sistema na qual a cultura será cultivada, além de informar o poder relativo de neutralização total (PRNT) que vai influenciar nas quantidades de calcário a ser aplicados por hectare. O usuário confirmando será gerado em uma ABA INTERPRETAÇÃO um relatório com as informações da análise químicas do solo e sua interpretação e em outra ABA RECOMENDAÇÕES as quantidades de corretivos e macronutrientes e micronutrientes para a cultura selecionada (Figura 6).

Figura 6 – Apresentação das informações sobre uma recomendação no sistema.

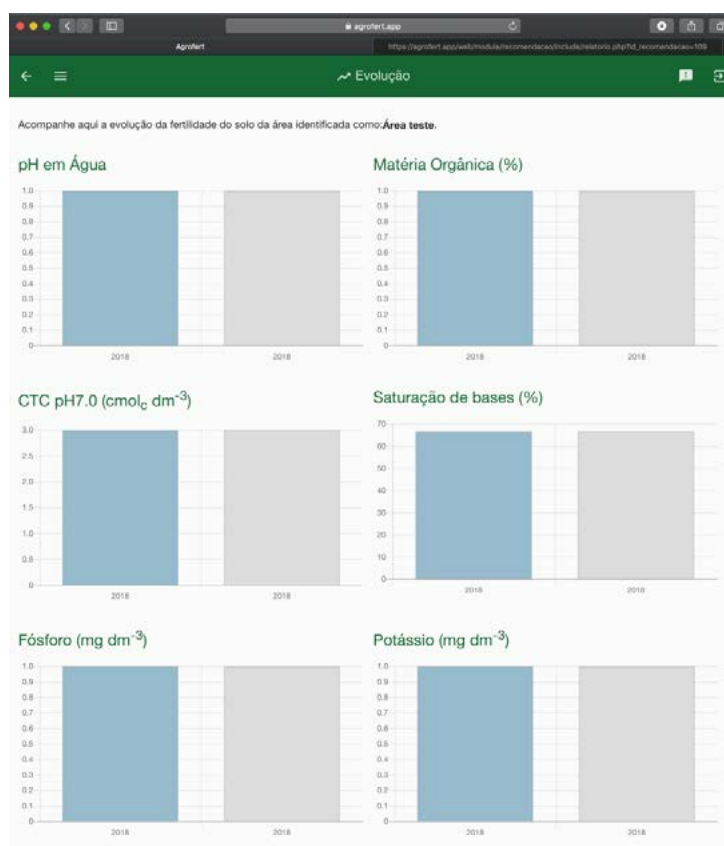


Dentro do sistema o usuário com o passar do tempo e a medida que são inseridas novas informações de análise química do solo, o usuário pode acompanhar a evolução das características químicas do solo (Figura 7).

Com base nessas informações o usuário pode compreender o que está melhorando com base no manejo adotado. Além de propiciar agilidade nas recomendações de corretivos e fertilizantes e alta precisão nas recomendações.



Figura 7 – Acompanhamento da evolução da fertilidade do solo no sistema.



## 4 Conclusões

Conclui-se que o desenvolvimento de sistemas baseados nas informações de recomendação de corretivos e fertilizantes dos manuais do Rio Grande do Sul/Santa Catarina e Paraná é eficiente para para as culturas de grãos, com a vantagem de variação contínua das recomendações com base na expectativa de produtividade de grãos e características do solo. No entanto, o Agrofert pode ser melhorado com informações disponíveis na literatura sobre adubação e nutrição mineral das culturas.

## Referências

- RABELLO LM, INAMASSU RY, BERNARDI ACC. Sistema de medição de condutividade elétrica. Circular técnica. 2010; 54: 01-02.
- MOLIN JP, RABELLO LM. Estudo sobre a mensuração da condutividade elétrica do solo. Eng. Agri. Jaboticabal. 2011; 31(90-101): 90-91.
- BECKER E. A: A tecnologia da informação aplicada à produção de alimentos. Ver. Eletr. Unifebe. [Internet]. 2016 [cited 2018 ago 10]; 7(7): 231-232. Available from: <http://periodicos.unifebe.edu.br/index.php/revistaeletronicaunifebe/article/viewFile/532/297>.

CAMARGO MS. A importância do uso de fertilizantes para o meio ambiente. *Pesquisa & Tecnologia*. 2012; 9(2): 01-03.

GUBIANI PI, SILVA LS, REINERT DJ, REICHERT JM. CADUB GHF- um programa computacional para cálculo da quantidade de fertilizantes e corretivos da acidez do solo para culturas produtoras de grãos hortaliças e forrageiras. *Ciência Rural*. 2007; 37(4): 1161-1165.

SANTIAGO AD, ROSSETTO R: Árvore do conhecimento cana de açúcar [Internet]. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Available from: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.r/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_3471120051717.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.r/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_3471120051717.html).[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_34\\_711200516717.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_34_711200516717.html)

SILVA, L. da S. et al. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2016.