

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**BALANÇO E EVOLUÇÃO TEMPORAL DE TEORES  
DE FÓSFORO E POTÁSSIO NO SOLO EM ÁREAS  
MANEJADAS COM AGRICULTURA DE PRECISÃO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Luis Ramiro Samaniego Montiel**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2011**



**BALANÇO E EVOLUÇÃO TEMPORAL DE TEORES DE  
FÓSFORO E POTÁSSIO NO SOLO EM ÁREAS  
MANEJADAS COM AGRICULTURA DE PRECISÃO**

**Luis Ramiro Samaniego Montiel**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Ciência do Solo, da Universidade Federal de Santa Maria  
(UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Ciência do Solo.**

**Orientador: Prof. Telmo Jorge Carneiro Amado**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2011**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**BALANÇO E EVOLUÇÃO TEMPORAL DE TEORES DE FÓSFORO E  
POTÁSSIO NO SOLO EM ÁREAS MANEJADAS COM  
AGRICULTURA DE PRECISÃO**

elaborada por  
**Luis Ramiro Samaniego Montiel**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Ciência do Solo**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Telmo Jorge Carneiro Amado, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

---

**Jackson Ernani Fiorin, Dr. (CCGLTEC/UNICRUZ)**

---

**Antônio Luis Santi, Dr. (CESNORS/UFSM)**

Santa Maria, 31 de agosto de 2011



## DEDICATÓRIA

A meus pais:

Gonzalo Samaniego e Caritina Montiel.

A meus irmãos:

Lorena, Gonzalo e Marcelo.

A minha namorada e companheira:

Mary.

Cada uma destas pessoas que fazem parte da  
minha vida, e são o incentivo para seguir em  
frente e não desistir nunca,  
Doando generosamente seu apoio  
e carinho constantes ao longo  
destes anos fora do meu país.





## **AGRADECIMENTOS**

A Deus e a São José pela força e iluminação recebida nos momentos de fraqueza, e pela fortaleza que me deram para afrontar os problemas que surgiram ao longo destes anos fora de casa.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Centro de Ciências Rurais pelos sete anos de ensino educacional e formação acadêmica.

Ao professor Telmo Jorge Carneiro Amado, pela amizade e orientação assim como os jogos de futebol e churrascos compartilhados, e sobre tudo, pelo exemplo de conhecimento e profissionalismo na área.

Aos Professores Thomé Lovato e Flavio Eltz, assim como a suas famílias, pelo companheirismo e auxílio, horas de confraternização e pelo exemplo de trabalho profissional e amor familiar.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pela oportunidade da realizar do curso de mestrado, e a CAPES pela bolsa de mestrado.

A meus pais Gonzalo e Caritina, pela excelente educação e formação recebida em casa, pelo carinho e amor que fizeram me sentir sempre na distancia e pelo esforço de me sustentar ao longo destes anos, com o objetivo de que receba uma melhor educação.

A meus irmãos Lore, Gonza e Marce, pelo carinho, cuidado e apoio que sempre me deram, e pela grande admiração que tenho deles.

A minha namorada e amiga, Mary, pelo amor, companheirismo e paciência ao longo destes anos.

A meus cunhados Juan Andrés y Ale, pela amizade e ajuda que me deram, por formarem parte da minha família e serem os fieis companheiros de meus irmãos.

A meus sobrinhos Fernanda e Gonzalito, os mais novos integrantes da família, que enchem de amor e alegria meu dia a dia.

A meus quatro avós que desde o céu me guiam e empurram para seguir frente sempre, conseguindo passar as adversidades que encontro no caminho.

A meus amigos do Paraguai, por cumprir um papel muito importante na minha vida, a de amigos – irmãos, pelas ligações, por me escutarem nos momentos de fraqueza e pelos conselhos que me deram para não desistir nunca. Em especial o meu grande amigo Luis Topo Gomez, que desde o céu segue me ajudando e escutando.

A Luiz Finamor, que além da ajuda e amizade, foi como um pai para mim nestes anos no Brasil.

A toda a equipe do Projeto Aquarius, profissionais, bolsistas, produtores e empresas, que têm como desafio desenvolver ao máximo a agricultura de precisão no Brasil.

A meus amigos Enrique Hahn e Diego Fatecha pela convivência, amizade e ajuda importantíssima neste trabalho.

A meu grande amigo e conselheiro Martin Cubilla, assim como pela convivência, conversas e por me escutar e ajudar quando mais precisei.

A todos meus amigos que conheci no Brasil e jamais me esquecerei deles, Rodrigo Nicoloso, Ademir Wendling, Ricardo Fulber, Rodrigo Wollmann, Marcelo Marques e a Leopoldo Ramos e sua extraordinária família.

Aos meus compatriotas Federico Barreto, José Volpe, Athahualpa Ayala, Adriana Arnold, Antonella Aranda, Nathalia Riveros e Enma Ortiz pela amizade e encontros compartilhados.

Aos colegas e amigos de Pós-Graduação, Marcelo Mentges, Vitor Girardello, Jardes Bragagnolo, Marta da Rocha, Paulo José Alba, Ademir Ferreira pelo apoio e ajuda inestimável em todas as horas.

Aos bolsistas de iniciação científica e amigos do Setor de Manejo e Conservação do Solo, que me auxiliaram na execução deste trabalho: Thiago Horbe, Fernando Hansel, Thiago Teixeira, Diego Schossler, Júnior Kunz, Fabiano Tabaldi,

Douglas Dalla Nora e Raul Girardello pela amizade, viagens, horas de trabalho e pelo companheirismo.

A família Goes, Tio Baiano, Tia Marta, Mariana, Marcos e Matheus por me fazer sentir como um filho mais e parte da sua família.

A Matheus Goes, Antero Rocha e Rodrigo Marques pela grande amizade, viagens, churrascos, jogos e bons momentos compartilhados em todos estes sete anos no Brasil.

A todos os que de alguma forma fizeram parte da realização deste trabalho, meu muito obrigado.



## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo  
Universidade Federal de Santa Maria

### **BALANÇO E EVOLUÇÃO TEMPORAL DE TEORES DE FÓSFORO E POTÁSSIO NO SOLO EM ÁREAS MANEJADAS COM AGRICULTURA DE PRECISÃO**

Autor: Luis Ramiro Samaniego Montiel  
Orientador: Telmo Jorge Carneiro Amado  
Local e data da Defesa: Santa Maria, 31 de agosto de 2011.

A necessidade de aproveitar melhor os insumos e economizá-los na maior medida possível leva à obrigação de conhecer a fundo os solos e sistemas de produção. O objetivo deste trabalho foi avaliar o balanço nutricional de fósforo (P) e potássio (K) no solo e sua relação com a evolução temporal, em áreas manejadas com auxílio da agricultura de precisão. Os experimentos foram conduzidos no Planalto Médio do Rio Grande do Sul, em quatro áreas situadas nos municípios de Almirante Tamandaré do Sul, Tio Hugo, Não-Me-Toque e Vitor Graeff. Por meio da análise das amostras de solo foi verificada a evolução dos teores de P e K comparando os anos de 2005 a 2009. Análises de regressão realizadas pelo software JMP IN v.3.2.1 foram utilizadas para avaliar a relação entre saldo e evolução de P e K. Determinaram-se a variabilidade espacial, o balanço nutricional e a evolução temporal de P e K no solo. As áreas apresentaram no início do estudo uma grande variabilidade espacial, as quais foram reduzidas mediante uso de práticas de agricultura de precisão. As relações entre os saldos e as exportações foram positivas em todos os locais com exceção da área situada em Vitor Graeff onde também se obtiveram saldos negativos. As fertilizações fosfatadas e potássicas foram 30 e 25 % superiores em relação as exportações, respectivamente. A soja extraiu em média 44 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 63 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O já o milho exportou 78,5 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 59 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. A evolução dos teores foi alta quando os saldos eram baixos e, baixa quando o saldo se encontrava em níveis altos. Em média para os quatro locais foram necessários aplicar 12,0 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para elevar 1 mg dm<sup>-3</sup> de P no solo, assim como 4,1 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O para elevar 1 mg dm<sup>-3</sup> de K no solo.

**Palavras chave:** agricultura de precisão. variabilidade do solo. balanço de nutrientes.



## ABSTRACT

Master of Science Dissertation  
Graduate Program in Soil Science  
Federal University of Santa Maria

### SOIL PHOSPHORUS AND POTASSIUM LEVELS BUDGET AND TEMPORAL EVOLUTION ON PRECISION FARMING MANAGEMENT AREAS

Author: Luis Ramiro Samaniego Montiel  
Adviser: Telmo Jorge Carneiro Amado  
Defense place and date: Santa Maria, August 31, 2011

The need for improving nutrient use efficiency and increase savings demand a better knowledge of soils and production systems. The objective of this study was to evaluate the soil P and K budget and its relationships with their temporal evolution on site-specific management areas. The experiments were carried out in four cropland areas from the Medium Plateau region of the Rio Grande do Sul state, located at the cities of Almirante Tamandaré do Sul, Tio Hugo, Não-Me-Toque and Vitor Graeff. Soil tests were used to verify the spatial variability, budget and temporal evolution of soil P and K levels by the comparison of the years of 2005 and 2009. Regression analysis was performed by the software JMP IN v.3.2.1 to evaluate the relationship between P and K budget and the temporal evolution of soil P and K levels. Cropland areas showed high spatial variability for P and K soil test levels at the beginning of the study, which was decreased by applying precision farming techniques. Relationships between P and K budget and the temporal evolution of soil P and K test levels were positive with the exception of the Vitor Graeff area which showed negative P and K budget. P and K fertilization were 30 and 25% higher in relation to their exportation, respectively. On average, soybean extracted 44 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> and 63 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, while the maize exported 78,5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> and 59 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>. Temporal evolution of soil P and K test levels was high when P and K budget was low and there was a low temporal evolution when the P and K budget was high. On the average of the four cropland areas there were necessary the input of 12,0 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> to increase 1 mg dm<sup>-3</sup> of soil P test levels and the input of 4,1 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> to increase 1 mg dm<sup>-3</sup> of soil K test levels.

**Keywords:** precision farming. soil spatial variability. nutrient budget.





## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Relação dos produtores participantes do projeto, municípios onde se encontram situadas, tamanho das áreas e numero de pontos amostrais.	36
Tabela 2	Histórico das culturas de grãos produzidos em cada área, durante o período em estudo (2005 a 2009).....	38
Tabela 3	Estatística descritiva dos parâmetros químicos das áreas em estudo no ano de 2005.....	46
Tabela 4	Estatística descritiva dos parâmetros químicos das áreas em estudo no ano de 2009.....	48
Tabela 5	Quantidade de P adicionado ao solo via fertilizantes (Ad), exportação via colheita de grãos (Ex) e saldo (adição - exportação) na sequência S/M/S/S. Área do Sr. Luciano de Mattos. Almirante Tamandaré do Sul– RS. 2005-2009.....	51
Tabela 6	Rendimento Acumulado (RA) em cada cultura por ponto e Rendimento Absoluto Acumulado (RAA) na sequência S/M/S/S. Área do Sr. Luciano de Mattos. Almirante Tamandaré do Sul – RS. 2005-2009.....	52
Tabela 7	Quantidade de K adicionado ao solo via fertilizantes (Ad), exportação via colheita de grãos (Ex) e saldo (adição - exportação) na sequência S/M/S/S. Área do Sr. Luciano de Mattos. Almirante Tamandaré do Sul – RS. 2005-2009.....	55
Tabela 8	Quantidade de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> ) necessários para elevar o teor de P e K em 1 mg dm <sup>-3</sup> no solo. Área do Sr. Luciano de Mattos. Almirante Tamandaré do Sul - RS. 2005-2009.....	63
Tabela 9	Quantidade de P adicionado ao solo via fertilizantes (Ad), exportação via colheita de grãos (Ex) e saldo (adição - exportação) na sequência S/S/S/S. Área do Sr. Luiz e Paulo Marquetti. Tio Hugo – RS. 2005-2009.....	65
Tabela 10	Rendimento Acumulado (RA) em cada cultura por ponto e Rendimento Absoluto Acumulado (RAA) na sequência S/M/S/S. Área do Sr. Luiz e Paulo Marquetti. Tio Hugo – RS. 2005-2009.....	66
Tabela 11	Quantidade de K adicionado ao solo via fertilizantes (Ad), exportação via colheita de grãos (Ex) e saldo (adição - exportação) na sequência S/S/S/S. Área do Sr. Luiz e Paulo Marquetti. Tio Hugo – RS. 2005-2009.....	69

Tabela 12	Quantidade de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> ) necessários para elevar o teor de P e K em 1 mg dm <sup>-3</sup> no solo. Área do Sr. Luiz e Paulo Marquetti. Tio Hugo – RS. 2005-2009.....	78
Tabela 13	Quantidade de P adicionado ao solo via fertilizantes (Ad), exportação via colheita de grãos (Ex) e saldo (adição - exportação) na sequência S/S/M/S. Área do Sr. Nei César Mânica. Não-Me-Toque – RS. 2005 - 2009.....	78
Tabela 14	Rendimento Acumulado (RA) em cada cultura por ponto e Rendimento Absoluto Acumulado (RAA) na sequência S/S/M/S. Área do Sr. Nei César Mânica. Não-Me-Toque – RS. 2005-2009.....	80
Tabela 15	Quantidade de K adicionado ao solo via fertilizantes (Ad), exportação via colheita de grãos (Ex) e saldo (adição - exportação) na sequência S/S/M/S. Área do Sr. Nei César Mânica. Não-Me-Toque – RS. 2005-2009.....	84
Tabela 16	Quantidade de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> ) necessários para elevar o teor de P e K em 1 mg dm <sup>-3</sup> no solo. Área do Sr. Nei César Mânica. Não-Me-Toque – RS. 2005-2009.....	91
Tabela 17	Quantidade de P adicionado ao solo via fertilizantes (Ad), exportação via colheita de grãos (Ex) e saldo (adição - exportação) na sequência S/S/M/S. Área do Sr. Volnei Koeche. Vitor Graeff – RS. 2005-2009.....	93
Tabela 18	Rendimento Acumulado (RA) em cada cultura por ponto e Rendimento Absoluto Acumulado (RAA) na sequência S/S/M/S. Área do Sr. Volnei Koeche. Vitor Graeff – RS. 2005-2009.....	95
Tabela 19	Quantidade de K adicionado ao solo via fertilizantes (Ad), exportação via colheita de grãos (Ex) e saldo (adição - exportação) na sequência S/S/M/S. Área do Sr. Volnei Koeche. Vitor Graeff – RS. 2005-2009.....	99
Tabela 20	Quantidade de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> ) necessários para elevar o teor de P e K em 1 mg dm <sup>-3</sup> no solo. Área do Sr. Volnei Koeche. Vitor Graeff – RS. 2005-2009.....	107
Tabela 21	Quantidade de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> ) necessários para elevar o teor de P e K no solo, nos distintos níveis e tratamentos nos quatro locais de avaliação. Rio Grande do Sul. 2005-2009.....	108

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa do Estado do Rio Grande do Sul (A). Mapa da localização dos quatro municípios avaliados neste ensaio (B). (Fonte: Projeto Aquarius).....	35
Figura 2	Arquivo vetorial de contorno com os pontos de amostragens georreferenciados. Área do Luciano de Mattos (A), Luiz e Paulo Marquetti (B), Nei César Mânica (C) e Volnei Koeche (D).....	39
Figura 3	Trado utilizado para realizar as amostragens de solos georreferenciadas a uma profundidade de 0,10 m (A). GPS de navegação, mapa de coleta e saco plástico de identificação (B).....	41
Figura 4	Modelo de amostragem dos pontos de colheita.....	42
Figura 5	Quantidade de $P_2O_5$ exportado na sequência S/M/S/S. Área do Sr. Luciano de Mattos. Almirante Tamandaré do Sul – RS. 2005-2009.....	53
Figura 6	Quantidade de $K_2O$ exportado na sequência S/M/S/S. Área do Sr. Luciano de Mattos. Almirante Tamandaré do Sul – RS. 2005-2009.....	56
Figura 7	Evolução dos teores de P no solo em cada ponto e ano. Área do Sr. Luciano de Mattos. Almirante Tamandaré do Sul – RS. 2005-2009.....	57
Figura 8	Evolução comportamental dos teores de P no solo relacionados com o saldo (adição - exportação) de $P_2O_5$ . Área do Sr. Luciano de Mattos. Almirante Tamandaré do Sul – RS. 2005-2009.....	58
Figura 9	Evolução dos teores de K no solo em cada ponto e ano. Área do Sr. Luciano de Mattos. Almirante Tamandaré do Sul – RS. 2005-2009.....	60
Figura 10	Evolução comportamental dos teores de K no solo relacionados com o saldo (adição - exportação) de $K_2O$ . Área do Sr. Luciano de Mattos. Almirante Tamandaré do Sul – RS. 2005-2009.....	61
Figura 11	Evolução comportamental dos teores de K no solo relacionados com o saldo (adição - exportação) de $K_2O$ . Área do Sr. Luciano de Mattos. Almirante Tamandaré do Sul – RS. 2005-2009.....	61
Figura 12	Quantidade de $P_2O_5$ exportado na sequência S/S/S/S. Área do Sr. Luiz e Paulo Marquetti. Tio Hugo – RS. 2005-2009.....	67
Figura 13	Quantidade de $K_2O$ exportado na sequência S/S/S/S. Área do Sr. Luiz e Paulo Marquetti. Tio Hugo – RS. 2005-2009.....	70
Figura 14	Evolução dos teores de P no solo em cada ponto e ano. Área do Sr. Luiz e Paulo Marquetti. Tio Hugo – RS. 2005-2009.....	71

Figura 15	Evolução comportamental dos teores de P no solo relacionados com o saldo (adição - exportação) de $P_2O_5$ . Tio Hugo – RS. 2005-2009.....	72
Figura 16	Evolução dos teores de K no solo em cada ponto e ano. Área do Sr. Luiz e Paulo Marquetti. Tio Hugo – RS. 2005-2009.....	73
Figura 17	Evolução comportamental dos teores de K no solo relacionados com o saldo (adição - exportação) de $K_2O$ . Área do Sr. Luiz e Paulo Marquetti. Tio Hugo – RS. 2005-2009.....	74
Figura 18	Quantidade de $P_2O_5$ exportado na sequência S/S/M/S. Área do Sr. Nei César Mânica. Não-Me-Toque – RS. 2005-2009.....	82
Figura 19	Quantidade de $K_2O$ exportado na sequência S/S/M/S. Área do Sr. Nei César Mânica. Não-Me-Toque – RS. 2005-2009.....	86
Figura 20	Evolução dos teores de P no solo em cada ponto e ano. Área do Sr. Nei César Mânica. Não-Me-Toque – RS. 2005-2009.....	87
Figura 21	Evolução comportamental dos teores de P no solo relacionados com o saldo (adição - exportação) de $P_2O_5$ . Área do Sr. Nei César Mânica. Não-Me-Toque – RS. 2005-2009.....	88
Figura 22	Evolução dos teores de K no solo em cada ponto e ano. Área do Sr. Nei César Mânica. Não-Me-Toque – RS. Ano 2005-2009.....	89
Figura 23	Evolução comportamental dos teores de K no solo relacionados com o saldo (adição - exportação) de $K_2O$ . Área do Sr. Nei César Mânica. Não-Me-Toque – RS. 2005-2009.....	90
Figura 24	Quantidade de $P_2O_5$ exportado na sequência S/S/M/S. Área do Sr. Volnei Koeche. Vitor Graeff – RS. 2005-2009.....	97
Figura 25	Quantidade de $K_2O$ exportado na sequência S/S/M/S. Área do Sr. Volnei Koeche. Vitor Graeff – RS. 2005-2009.....	101
Figura 26	Evolução dos teores de P no solo em cada ponto e ano. Área do Sr. Volnei Koeche. Vitor Graeff – RS. Ano 2005-2009.....	102
Figura 27	Evolução comportamental dos teores de P no solo relacionados com o saldo (adição - exportação) de $P_2O_5$ . Área do Sr. Volnei Koeche. Vitor Graeff – RS. Ano 2005-2009.....	103
Figura 28	Evolução comportamental dos teores de P no solo relacionados com o saldo (adição - exportação) de $P_2O_5$ . Área do Sr. Volnei Koeche. Vitor Graeff – RS. Ano 2005-2009.....	104
Figura 29	Evolução dos teores de K no solo em cada ponto e ano. Área do Sr. Volnei Koeche. Vitor Graeff – RS. Ano 2005-2009.....	105

Figura 30	Evolução comportamental dos teores de K no solo relacionados com o saldo (adição - exportação) de $K_2O$ . Área do Sr. Volnei Koeche. Vitor Graeff – RS. Ano 2005-2009.....	106
Figura 31	Evolução comportamental dos teores de K no solo relacionados com o saldo (adição - exportação) de $K_2O$ . Área do Sr. Volnei Koeche. Vitor Graeff – RS. Ano 2005-2009.....	106



## LISTA DE ANEXOS

Anexo A – Atributos químicos dos solos em estudo. Área do Sr. Luciano de Mattos. Almirante Tamandaré do Sul – RS. 2005-2009.....	122
Anexo B – Atributos químicos dos solos em estudo. Área do Sr. Luiz e Paulo Marquetti. Tio Hugo – RS. 2005-2009.....	123
Anexo C – Atributos químicos dos solos em estudo. Área do Sr. Nei César Mânica. Não-Me-Toque – RS. 2005-2009.....	124
Anexo D – Atributos químicos dos solos em estudo. Área do Sr. Volnei Koeche. Vitor Graeff – RS. 2005-2009.....	126





# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>19</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>23</b>
<b>2.1</b>	<b>Agricultura de Precisão</b> .....	<b>23</b>
<b>2.2</b>	<b>Projeto Aquarius</b> .....	<b>25</b>
<b>2.3</b>	<b>Variabilidade do Solo</b> .....	<b>27</b>
<b>2.4</b>	<b>Balanco de Nutrientes</b> .....	<b>28</b>
<b>3</b>	<b>HIPÓTESES</b> .....	<b>31</b>
<b>4</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>33</b>
<b>4.1</b>	<b>Objetivo Geral</b> .....	<b>33</b>
<b>4.2</b>	<b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>33</b>
<b>5</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>35</b>
<b>5.1</b>	<b>Caracterização e localização das áreas experimentais utilizadas para o estudo.</b> .....	<b>35</b>
5.1.1	Área do Sr. Luciano de Mattos .....	36
5.1.2	Área do Sr. Luiz e Paulo Marquetti.....	36
5.1.3	Área do Sr. Nei César Mânica.....	37
5.1.4	Área do Sr. Volnei Koeche .....	37
<b>5.2</b>	<b>Descrições das características das áreas, práticas de manejo utilizadas e formas de aplicação dos insumos</b> .....	<b>37</b>
<b>5.3</b>	<b>Mapeamento das áreas e georreferenciamento das amostras</b> .....	<b>39</b>
<b>5.4</b>	<b>Avaliações</b> .....	<b>40</b>
5.4.1	Amostragem e análises dos solos para determinação dos atributos químicos.....	40
5.4.2	Cálculo do balanço de nutrientes .....	41
5.4.3	Determinação da quantidade exportada de P e K na colheita.....	42
5.4.4	Estudo da variabilidade espacial e a evolução temporal dos teores de P e K no solo.....	43
5.4.5	Determinação da Capacidade Tampão do solo .....	43
5.4.6	Análise estatística .....	44
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>45</b>
<b>6.1</b>	<b>Diferenciação da variabilidade espacial nas áreas dos teores de P e K no solo.</b> .....	<b>45</b>
<b>6.2</b>	<b>Área do Sr. Luciano de Mattos</b> .....	<b>49</b>
6.2.1	Saldo da adição - exportação de P e K no ensaio.....	49
6.2.2	Evolução temporal dos teores de P no solo. ....	56
6.2.3	Evolução temporal dos teores de K no solo. ....	59
6.2.4	Capacidade Tampão de P e K do solo .....	62
<b>6.3</b>	<b>Área do Sr. Luiz e Paulo Marquetti</b> .....	<b>63</b>
6.3.1	Saldo da adição - exportação de P e K no ensaio.....	63
6.3.2	Evolução temporal dos teores de P no solo. ....	71

6.3.3	Evolução temporal dos teores de K no solo.....	73
6.3.4	Capacidade Tampão de P e K do solo .....	75
<b>6.4</b>	<b>Área do Sr. Nei César Mânica .....</b>	<b>76</b>
6.4.1	Saldo da adição - exportação de P e K no ensaio. ....	76
6.4.2	Evolução temporal dos teores de P no solo.....	87
6.4.3	Evolução temporal dos teores de K no solo.....	89
6.4.4	Capacidade Tampão de P e K do solo .....	91
<b>6.5</b>	<b>Área do Sr. Volnei Koeche .....</b>	<b>92</b>
6.5.1	Saldo da adição - exportação de P e K no ensaio. ....	92
6.5.2	Evolução temporal dos teores de P no solo.....	102
6.5.3	Evolução temporal dos teores de K no solo.....	104
6.5.4	Capacidade Tampão de P e K do solo .....	107
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>109</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>111</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>121</b>

# 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de grãos em nível mundial, e líder na América Latina em produção e exportação dos mesmos. Nas últimas décadas foi notório o grande crescimento da população brasileira assim como em nível mundial, por causa disto, a procura por alimentos no mundo inteiro vem em aumento a cada dia. A demanda crescente dos mesmos tem levado o homem a buscar incessantemente produtos que possam de alguma forma, aumentar os rendimentos da produção agrícola.

Muitas alternativas são testadas na busca por melhorar as produtividades e alcançar rendimentos máximos, isto faz com que a agricultura sofra mudanças periodicamente. O início da agricultura nas Américas se viu impulsionada com a ajuda da mecanização intensiva e um grande crescimento na expansão de áreas cultivadas. Este grande avanço não iria acontecer se não aparecesse a chamada “Revolução Verde” que favoreceu o crescimento da agricultura.

A revolução verde incluía um pacote tecnológico, inovador e revolucionário para a época, práticas agrícolas diferentes as anteriores foram implantadas, fazendo com que a agricultura tivesse uma grande expansão das áreas cultivadas. Com o grande número de áreas sendo adotadas para o cultivo de grãos, e estas não sendo manejadas de uma forma adequada, acabou ocorrendo uma clara degradação dos solos, afetando assim o meio ambiente. O principal problema do sistema se situava no preparo do solo, que era realizado no chamado Sistema Convencional (SC), o qual prejudicava o solo devido ao manejo mecanizado excessivo e queima dos restos culturais. O solo ficava exposto aos processos erosivos, que posteriormente derivavam no esgotamento das reservas dos nutrientes e uma consequente perda da fertilidade natural dos solos causados pela erosão.

Como solução à problemática, nos anos 70 foi adotado o Sistema Plantio Direto (SPD). Este sistema representa a alteração mais importante no manejo de solos na história da agricultura. Foi um sistema complexo e totalmente novo de produção agrícola, com alterações substanciais nos parâmetros químicos, físicos e biológicos das qualidades dos solos e com grande impacto no rendimento das culturas. O novo sistema trouxe grandes alterações, dentre as principais mudanças

pode-se citar a não necessidade de preparo (revolvimento) intensivo do solo, dispensando o uso de práticas como a aração e a gradagem, deixando os restos culturais como cobertura do solo, permitindo assim o plantio diretamente sobre a palhada.

Tudo isto fez com que as produtividades aumentem consideravelmente em relação às décadas passadas, ocorrendo assim uma conseqüente maior exportação de nutrientes do solo por parte das culturas para conseguir suprir suas necessidades. As aplicações de fertilizantes se mantiveram constantes ao longo do tempo ou deficientes para manter os teores adequados no solo, não havendo assim uma correta reposição dos mesmos. Este fato faz com que os solos se empobrecem e acidifiquem, tendo como conseqüência a necessidade de uma maior aplicação de fertilizantes minerais, buscando suprir as grandes taxas de exportação de nutrientes pelas colheitas e outras perdas, deixando em risco a sustentabilidade agrícola.

Atualmente, os benefícios da adoção e correta utilização do SPD são notórias e evidentes, agora o problema radica nas falhas do mau uso do sistema, como a não rotação de culturas. Constantemente, práticas e alternativas vêm sendo realizadas na procura de se obter maiores ganhos no rendimento, e economizando o máximo possível. Na busca de melhoras para a agricultura, dia a dia são desenvolvidas e avaliadas novas tecnologias e práticas, na procura de um melhor sistema de produção, sendo ele: econômico, prático, viável e sustentável para o agricultor e o meio ambiente.

Foi assim que nos últimos anos apareceu um novo e revolucionário sistema na agricultura mundial, a chamada Agricultura de Precisão (AP). Esta técnica inovadora e tecnológica traz consigo muitas informações que devem ser manejadas com certo critério de conhecimento para tirar o máximo de proveito dos dados obtidos. É diferente a todo tipo de sistema praticado anteriormente, já que é possível demonstrar a variabilidade espacial e temporal da fertilidade existente no solo assim como as diferenças da produtividade numa determinada área. Com a ajuda do uso de dispositivos informáticos pode se conhecer melhor e de forma mais detalhada as áreas. Para o uso e implantação destas tecnologias não é preciso realizar grandes câmbios, só devem ser ajustadas algumas mudanças à agricultura praticada na atualidade.

Este sistema de manejo e gerenciamento não é o “futuro da agricultura”, como costumam chamá-lo, e sim o “presente” da mesma. A AP é conhecida e

praticada em várias partes do mundo, países como Estados Unidos, Austrália e Argentina são líderes na adoção desta tecnologia. Nos últimos anos o Brasil tem demonstrado crescimentos gigantes na indústria de maquinarias precisas, áreas praticadas com AP e pesquisas sobre o assunto, posicionando-o assim entre os países de ponta em conhecimentos e práticas do sistema.

A necessidade de aproveitar melhor os insumos e economizá-los na maior medida possível nos leva à obrigação de conhecer a fundo nossos solos e sistemas de produção. Explorá-los em profundidade para saber, assim, as respostas que terão nossos insumos ao serem aplicados ao solo, para evitar possíveis práticas deficientes ou excessivas.

O presente trabalho apresenta o cálculo estimativo de balanço de nutrientes no solo, especificamente dos nutrientes Fósforo (P) e Potássio (K), e seu comportamento no sistema solo. A finalidade disto é a de estimar, da melhor forma possível, as necessidades nutricionais dos solos, maximizando a eficiência da utilização dos fertilizantes, evitando aplicações inadequadas, economizando os mesmos para saber assim a resposta esperada segundo as aplicações realizadas em uma determinada região.

O balanço de nutrientes é um importante indicador da sustentabilidade no sistema solo, o seu cálculo auxilia no estudo da evolução da fertilidade, demonstra o comportamento dos nutrientes segundo a influência sofrida pelas adições e exportações. Também a Capacidade Tampão (CT) dos solos é uma informação imprescindível que deve ser obtida para saber a quantidade de insumos deve ser aplicado para elevar seu teor em  $1 \text{ mg dm}^{-3}$ .

Fundamentados nos grandes câmbios sofridos na agricultura nos últimos anos pela adoção de tecnologias e utilização de máquinas mais precisas, assim como a visão de potencializar o uso de insumos e conhecer melhor os solos, o objetivo geral deste trabalho é o de estimar o saldo de nutrientes, e relacionando-os com a evolução dos teores de P e K no solo, bem como calcular a CT destes, em quatro áreas manejadas sob SPD consolidado auxiliadas com técnicas e ferramentas de AP no Rio Grande do Sul.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Agricultura de Precisão

O termo Agricultura de Precisão (AP) refere-se a um conjunto de tecnologias e procedimentos utilizados para que sistemas de produções agrícolas sejam otimizados, tendo como principal objetivo o gerenciamento da variabilidade espacial da produção e dos fatores relacionados a ela (MOLIN, 2000). Embora esta tecnologia esteja disponível, faz pouco tempo que seus conceitos fundamentais já foram idealizados décadas atrás nos Estados Unidos (WERNER, 2004). Os fundamentos da AP moderna, segundo a literatura, surgiram em 1929 e foram descritos por Linsley e Bauer na circular N°346 da Estação Experimental Agrícola da Universidade de Illinois (GOERING, 1993). Na época, os autores haviam constatado a existência de variações quanto à necessidade de calagem em determinadas áreas e que a aplicação de calcário deveria respeitar essa variabilidade. Mas, o ressurgimento e disseminação da AP na forma em que hoje é conhecida aconteceram somente na década de 80, quando microcomputadores, sensores e sistemas de rastreamento terrestres ou via satélite foram disponibilizados e possibilitaram a difusão das técnicas (BALASTREIRE, 1998).

Existem definições variadas que são dadas por diferentes autores para a AP, Blackmore et al. (1994) definem a AP como o termo que descreve a meta de aumentar a eficiência do manejo de agricultura, sendo uma tecnologia em desenvolvimento, que modifica técnicas existentes e incorpora novas ferramentas para o administrador utilizar. Para a Comissão... (2004), consiste na aplicação de tecnologias de avaliação e manejo da variabilidade espacial dos parâmetros das culturas e do solo. Segundo Fraisse e Faoro (1998), a AP é uma tecnologia de informação que possibilita o gerenciamento da atividade agrícola, levando em consideração a variabilidade espacial e temporal das condições do solo e da cultura, permitindo, aperfeiçoar a utilização do uso de insumos. Já Pontelli (2006) a define como uma ferramenta tecnológica que proporciona a exploração de todos os componentes do sistema solo de uma forma precisa e individual, permitindo realizar

correlações dos atributos do solo e diagnosticar problemas específicos que poderão receber tratamentos diferenciados.

Na prática da AP, as áreas são divididas em quadrículas e as amostragens são feitas de forma georreferenciadas com o uso de um Sistema de Posicionamento Global (GPS), detalhando de uma melhor forma a variabilidade da fertilidade no solo. A área da lavoura fica subdividida em várias parcelas que são amostradas de forma separada, compondo uma amostra para cada ponto, obtendo assim mapas de atributos do solo. O objetivo principal é o de realizar um adequado e completo ciclo na agricultura. Segundo Amado et al. (2006), o ciclo completo baseia-se na amostragem intensiva e georreferenciada do solo, geração de mapas com a distribuição espacial dos atributos químicos analisados, interpretação e prescrição localizada de insumos, aplicação à taxa variável de insumos, geração de mapas de rastreabilidade, acompanhamento da lavoura durante o ciclo das culturas, geração de mapas de produtividade, investigação das relações de causa e efeito, análise econômica e replanejamento das atividades, visando à otimização dos recursos.

A AP não deve ser tomada como uma ferramenta de um ciclo fechado e de curta duração, o seu processo de aprimoramento deve ser um estudo de longa duração com gradual aperfeiçoamento do sistema produtivo. Tem se notado que a AP esta sendo adotada como uma expectativa de solução aos problemas agrícolas e na expectativa de melhorar as produtividades imediatamente (SANTI et al., 2009).

Através da interpretação dos mapas de diagnóstico de nutrientes do solo, será possível realizar aplicações à taxa variada de acordo com o teor estocado no solo, as necessidades da cultura e a expectativa de produção do agricultor. Segundo Malavolta (2007), é fundamental o uso de tecnologias, como a AP, a fim de proporcionar um aumento na eficiência do uso dos fertilizantes, pois alguns deles estão com suas reservas em nível de esgotamento. As aplicações à taxa variável de fertilizantes, objetiva aplicar, no local correto (espaço) e no momento adequado (tempo), as quantidades de insumos necessários (quantidade) (DOBERMANN; PING, 2004). Desta forma, busca-se alocar, da melhor forma, os insumos de produção, reduzindo os custos, aumentando a produtividade e diminuindo os riscos de contaminação ambiental.

Na agricultura tradicional se realizam intensas aplicações de insumos, o que vem sendo cada vez mais questionado em sua viabilidade, e há forte pressão da sociedade quanto ao desenvolvimento de tecnologias com uma maior



sustentabilidade, com retornos sociais e econômicos satisfatórios. Bongiovanni; Lowenberg-Deboer (2004), após uma extensa revisão de literatura confirmaram que as técnicas de AP podem contribuir para manutenção da sustentabilidade da agricultura através da aplicação de fertilizantes apenas nos locais onde houver necessidade. Conforme citado por Gentil; Ferreira (1999), a AP promete grandes benefícios para os usuários deste sistema, como: redução do grave problema do risco da atividade agrícola; redução dos custos da produção; tomada de decisão rápida e certa; controle de toda situação, pelo uso da informação; maior produtividade da lavoura; mais tempo livre para o administrador; e melhoria do meio ambiente pelo menor uso de defensivo.

A AP tende a criar uma situação virtuosa na agricultura pela redução no uso de agrotóxicos e insumos. Isso melhora a conservação dos solos cultivados, limitando a degradação do meio ambiente. Assim, quanto mais área utilizarem estas técnicas, menor será a degradação ambiental preservando a produtividade. A AP para ser sustentável deve ser abordada integrando atributos químicos, físicos e biológicos do solo, além de atributos dos cultivos e das condições climáticas, visando aumentar a probabilidade de acerto na toma de decisões (DOBERMANN et al., 2004; SANTI et al., 2009)

## **2.2 Projeto Aquarius**

A crescente prática do uso da AP na agricultura brasileira fez necessários com que estudos técnicos e mais detalhados fossem realizados para demonstrar em números reais as vantagens que podem ser alcançadas com a adoção da tecnologia quando são praticadas em lavouras comerciais. As reduções dos custos de aquisição de equipamentos precisos em geral fizeram com que aumentasse a aceitação e crescesse o interesse da AP perante os produtores brasileiros. Porém, necessitava-se de maiores informações técnicas para o melhor uso desta tecnologia.

Foi assim que, no ano de 2000, surgiu o “Projeto Aquarius”, o qual nasceu de uma parceria entre empresas ligadas à agricultura. Atualmente a Stara, Massey Ferguson (AGCO), Yara, Cooperativa Triticola Mista do Alto Jacui (Cotrijal) e a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) formam parte do projeto, com o

principal objetivo de desenvolver o ciclo completo de AP no sul do Brasil. Foi uma experiência pioneira no país, na forma e na amplitude da pesquisa.

O projeto procura o aperfeiçoamento do gerenciamento das propriedades agrícolas, dando um enfoque especial à gestão da fertilidade do solo nas áreas pesquisadas. Inicialmente, foi desenvolvido em duas áreas, pertencentes à Fazenda Anna situada no município de Não-Me-Toque (RS). Atualmente, o projeto conta com 16 áreas distribuídas na região do Alto Jacuí, totalizando 729 ha. É formado por um grande grupo de profissionais, envolvendo professores, alunos, produtores, agrônomos, empresas do setor agrícola e colaboradores. Também possui um rico banco de dados contendo resultados de análises de solos, mapas de aplicações e rendimentos de culturas, de todas as áreas do projeto ao longo dos anos. Dados que deram como fruto a publicação de vários artigos científicos, assim como 18 trabalhos entre mestrado e doutorado. Assim a UFSM dispôs do primeiro programa nacional com recursos de AP o qual foi denominado como “Campeiro” (GIOTTO et al., 2004)

As publicações e os trabalhos realizados têm uma importância incalculável para a agricultura brasileira e mundial, pelo desenvolvimento da AP. Resultados obtidos no projeto ao longo dos anos abarcaram diferentes problemáticas como: Werner (2004) estudando a variabilidade espacial em uma lavoura de soja, Pontelli (2006) caracterizou a variabilidade das características químicas do solo e da produtividade, Santi (2007) pesquisou a relação entre indicadores de qualidade do solo e a produtividade das culturas, Lemainski (2007) avaliou o uso da AP em áreas irrigadas com pivô central, Dellamea (2008) observou a eficiência da adubação a taxa variada, Bellé (2009) estudou o manejo da fertilidade do solo com taxa variada, Bragagnolo (2010) fez adubações de nitrogênio à taxa variada com uso do N – sensor e Girardello (2010) pesquisou a qualidade física de um latossolo submetido à escarificação de sítio específico e rendimento da soja. Em todos estes estudos foram utilizadas ferramentas de AP. Na atualidade, o projeto continua gerando informações inovando e realizando pesquisas valiosíssimas para a agricultura, sendo referência no Brasil e no mundo.

O grande impacto que teve o projeto levou a cidade de Não-Me-Toque em se converter por força de lei na Capital Nacional da AP. O interesse e a demanda por conhecimentos e práticas em AP cresceu entre os agricultores e se multiplicaram os prestadores de serviços, resultando em aproximadamente 800 mil ha manejadas com alguma ferramenta de AP, contando a maioria delas com algum tipo de

assessoramento técnico de prestadores de serviços especializados (SANTI et al., 2009).

### **2.3 Variabilidade do Solo**

O solo apresenta uma heterogeneidade e sua variabilidade espacial, horizontal e vertical dependem dos fatores de sua formação e estão diretamente relacionadas ao manejo dos mesmos (SOUZA et al., 2007). Segundo Blackmore; Larscheid (1997) existem três tipos de variabilidade: espacial, temporal e preditiva. A espacial é observada ao longo do campo e pode ser facilmente constatada em qualquer mapa de produtividade ou fertilidade. A temporal, quando se compraram mapas de produtividade de vários anos. Já a variabilidade preditiva é a diferença entre a previsão de algum fator e o que realmente aconteceu.

Em condições de campo, a única heterogeneidade considerada é em relação à profundidade, quando da amostragem de solo (REICHARDT et al., 1986). A análise química do solo expressa um único resultado para todo um talhão, desconsiderando a presença da variabilidade e considerando que todas as propriedades do solo são semelhantes dentro da camada amostrada (PONTELLI, 2006). De acordo com Werner (2004), as acentuadas variações nos teores de nutrientes no solo frequentemente encontrados numa gleba decorrem do cultivo intensivo e do uso indiscriminado de fertilizantes. Em razão da grande variabilidade observada na produção de grãos, é importante, para a ampliação e aplicação das técnicas da AP, quantificar a estrutura espacial dessa variabilidade (COELHO, 2003).

Os pesquisadores Walters; Goesch (1998) relataram a importância de se conhecer a variação temporal e espacial dos nutrientes, para que seja feita aplicação de fertilizantes à taxa variável, a fim de torná-la mais eficiente. A variabilidade pode ser encontrada em qualquer tamanho de área, pois é sabido que em lavouras de pequeno porte também existe, podendo manifestar-se de maneira mais acentuada devido ao tipo de manejo adotado. Segundo Molin (2002), existem várias possibilidades de se abordar o processo de tomada de decisão para a intervenção com tratamentos localizados. As estratégias vão depender das

particularidades e do conhecimento prévio da área, dos princípios de gerenciamento e das circunstâncias econômicas e financeiras.

As aplicações de fertilizantes em taxa variável, baseada na variabilidade do solo dentro de um campo, têm um potencial para reduzir sub e super fertilizações e, assim, melhorar a eficiência de uso de fertilizantes, o rendimento das culturas e o lucro líquido da propriedade (FIEZ et al., 1994). Milani et al. (2006) mostraram que o manejo localizado tendeu a apresentar produtividades mais homogêneas e superiores que no manejo uniforme.

Segundo Amado et al. (2007), o mapeamento da produtividade, obtidos pelo uso das ferramentas de AP, sobressaem como uma alternativa moderna de registrar a variabilidade espacial e temporal das lavouras. Contudo para realizar uma análise temporal confiável, se deve utilizar no mínimo três anos de mapeamentos.

O estudo da variabilidade é de soma importância para a agricultura, e o melhor conhecimento da mesma auxilia na correta tomada de decisões. A principal porta de entrada da a AP no Brasil foi a caracterização da variabilidade espacial dos teores de P e K disponíveis no solo e a necessidade de calagem (SANTI et al., 2009), por meio das amostragens de solos georreferenciadas.

## **2.4 Balanço de Nutrientes**

O balanço de nutrientes, segundo García (2003), pode ser calculado pela diferença entre as adições dos nutrientes ao sistema solo, via fertilizações (sabendo a quantidade aplicada e a concentração do nutriente no adubo), e as saídas via exportação dos grãos (concentração do nutriente nos grãos) em um período de tempo. A finalidade disto é estimar, da melhor forma possível, as necessidades a serem adicionadas ao solo, maximizando a eficiência da utilização dos fertilizantes, evitando aplicações com doses inadequadas, sejam elas em quantidades inferiores (não há uma reposição ideal) ou superiores (havendo aplicações em excesso), potencializando seu uso e economizando os mesmos.

A não reposição de nutrientes ao solo pode ter como consequência valores negativos no saldo, facilitando sua degradação, diminuição das reservas ou estoques do nutriente e como decorrência, um decréscimo da fertilidade natural.

Balanços de nutrientes neutros (adições = exportações) indicam que não houve variação nos estoques do solo, mas a quantidade e fertilidade poderiam ter sido alteradas (DOBERMANN, 2007).

O balanço de nutrientes é um importante indicador da sustentabilidade do sistema solo pois, o cálculo dele auxilia no estudo da evolução da fertilidade e demonstra o comportamento dos nutrientes segundo a influência sofrida pelas adições e exportações (GARCIA; CIAMPITTI, 2007; FATECHA, 2010). Alguns autores têm considerado que o balanço de nutrientes pode ser uma ferramenta útil para avaliar práticas sustentáveis na agricultura (KONIN et al. 1997; BRINDABRAN et al. 2000; STORVOGEL, 2000; GARCÍA, 2003).

Balanços inadequados de nutrientes podem prejudicar a eficácia e a eficiência de recuperação dos nutrientes pela cultura. Por exemplo, teores inadequados de P, K e micronutrientes podem reduzir a recuperação de N pela cultura e aumentar o risco potencial de perda de N para os recursos de água doce (SEITZINGER et al., 2010).

As tentativas de modelização encontradas na literatura para cálculo do Balanço de Nutrientes, em geral, consideram quatro fontes de ganho (fertilizantes químicos, adubos orgânicos, deposição atmosférica e sedimentação) e cinco fontes de perdas (produtos colhidos, remoção de resíduos da colheita, lixiviação, perdas gasosas e erosão). Ao referirmos a estes modelos, seu cálculo fica complexo, especialmente em nível regional, e mais ainda se levamos em consideração que o conceito de balanço de nutrientes se amplia no tempo quando se considera uma rotação determinada que inclua mais de uma cultura ou ciclo agrícola; por outra parte, a dinâmica dos nutrientes no sistema solo-planta implica transformações que muitas vezes excedem o período de crescimento de uma cultura, por exemplo, o residual do P. Os balanços mais comuns são os denominados “parciais”, (balanço parcial de nutrientes – BPN), aqueles que não incluem todas as adições ou exportações, ou realizam inferências a cerca de alguns fluxos que são difíceis de quantificar para a escala de interesse (GARCIA, 2003; DOBERMANN, 2007).

O conceito de balanço de nutrientes se amplia no tempo quando é considerada uma rotação determinada que inclua mais de um cultivo ou ciclo agrícola. Dados os benefícios que resultam da rotação de cultivos, é de grande importância considerar um ciclo de rotação, e não simplesmente um cultivo.

Se a extração de nutrientes é parcialmente restituída por processos que ocorrem no mesmo solo, o nível de nutrientes vai se reduzindo safra após safra, chegando a um ponto em que a extração alcançada em determinado momento deve ser repostos e, mais cedo ou mais tarde, deverá ser restaurada para não comprometer o potencial produtivo do recurso solo. Esta restituição implicará em algum momento num custo em fertilizantes que deverão ser descontados dos ingressos obtidos nas safras agrícolas anteriores (ZANOTTI; BUSCHIAZZO, 1997).

A intensificação da agricultura demonstra tendências de esgotamento do balanço de nutrientes, isto deve ser analisado e avaliado economicamente e com muita cautela. A falta de informação não permite dimensionar e posicionar esta problemática na sua real magnitude e, muito menos contribuir na criação de novas políticas para diminuir esta problemática ambiental. A importância de calcular o balanço de nutrientes em nível federal ou regional consiste no fato de que os saldos negativos diminuem a fertilidade dos solos, afetando a produção, a rentabilidade do sistema e degradam o recurso solo (GARCÍA 2005; CORDONE; MARTÍNEZ, 2005).

Cunha et al. (2010), concluíram que o balanço é como uma importante ferramenta para identificar as deficiências de uso de fertilizantes, tanto para diagnóstico das regiões como também das culturas. O balanço pode ser um bom instrumento utilizado para projeções futuras de consumo de fertilizantes em regiões.

A possibilidade de alcançar altos rendimentos em solos aptos para o cultivo de grãos e reduzir a expansão agrícola em terras menos aptas, é uma alternativa válida em pós de satisfazer a demanda de grãos a nível mundial, maximizar a eficiência produtiva e econômica do uso de recursos e insumos, e preservar e melhorar a qualidade do ambiente. Na Argentina, Oliverio et al (2004), enfatizam a necessidade de desenvolver programas de investigação aplicada em conjunto com Universidades, Estações Experimentais, etc., e de extensão no âmbito de produtores, que promovam o correto uso e aplicação de fertilizantes, e registrar um controle permanente da situação da fertilidade nas distintas zonas de produção. Esta pode ser uma alternativa válida também para a realidade brasileira em solos da região sul. Com o auxílio de práticas da AP podem ser realizadas avaliações mais detalhadas e precisas, em um tempo maior do que simplesmente uma ou duas safras. Investigações locais e internacionais têm demonstrado os efeitos residuais das fertilizações e da importância de realizar um balanço de nutrientes, fundamentalmente em nutrientes de menos mobilidade no solo como o P e o K.

### 3 HIPÓTESES

- a) Com a adubação a taxa variada de fertilizantes se consegue reduzir a variabilidade existente nas áreas do Projeto Aquarius.
  
- b) Os teores de P e K no solo aumentam em relação aos saldos positivos obtidos no balanço de nutrientes.
  
- c) Estimando a Capacidade Tampão dos solos da região sul do país, é possível saber a quantidade de fertilizante que deve ser aplicada para elevar seus teores no solo.





## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo Geral**

Avaliar o balanço nutricional parcial de P e K no solo e a relação destes com a evolução temporal.

### **4.2 Objetivos Específicos**

- a) Determinar a variabilidade espacial existente nos teores de P e K no solo.
- b) Avaliar as áreas do Projeto Aquarius para saber se estão sendo adequadamente fertilizadas mediante cálculo do balanço anual dos nutrientes P e K.
- c) Avaliar a evolução temporal dos solos e calcular a Capacidade Tampão destes solos.



## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Caracterização e localização das áreas experimentais utilizadas para o estudo.

As áreas utilizadas para o estudo são lavouras agrícolas, destinadas à produção comercial de grãos, que pertencem a produtores associados à Cotrijal, os quais formam parte do Projeto Aquarius. Essas áreas encontram-se situadas na microrregião do Alto Jacuí, no Rio Grande do Sul (Figura 1).

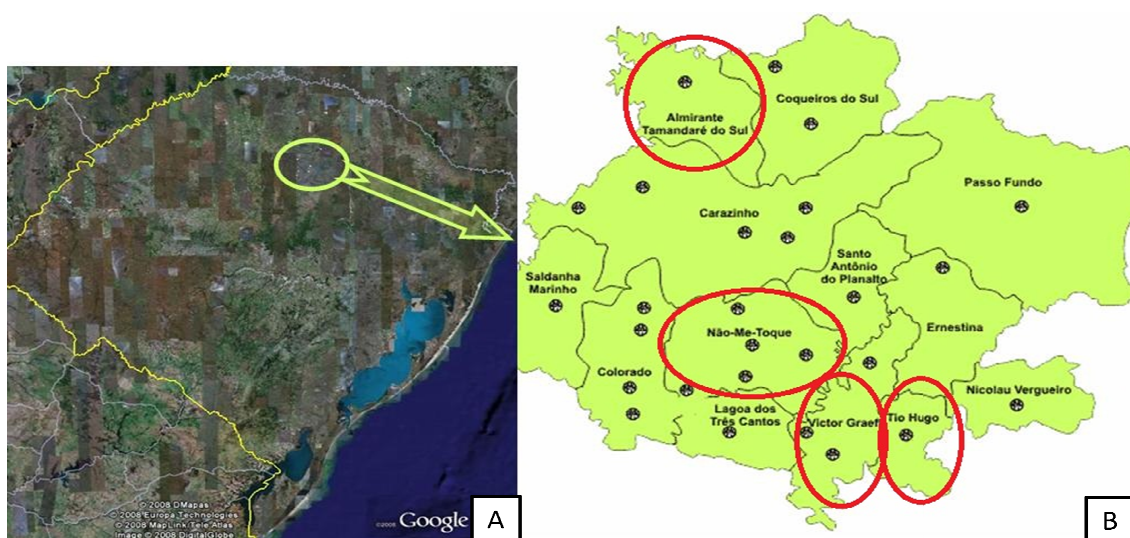


Figura 1 – Mapa do Estado do Rio Grande do Sul (A). Mapa da localização dos quatro municípios avaliados neste ensaio (B).

Fonte: Projeto Aquarius

Selecionaram-se quatro áreas do projeto, sendo que as mesmas estão localizadas em diferentes municípios da região do Planalto Médio Rio-grandense. Contabilizando as áreas em estudo totalizam 132,3 ha com 127 pontos georreferenciados e amostrados (Tabela 1). Foram escolhidas áreas de lavouras que possuíam todos os dados referentes às atividades agrícolas realizadas, áreas com históricos completos de análises de solos, aplicações de insumos à taxa fixa e variada, e mapas de produtividade ao longo dos anos de pesquisa, que fecham assim o ciclo de AP.

Tabela 1 – Relação dos produtores participantes do projeto, municípios onde se encontram situadas, tamanho das áreas e numero de pontos amostrais.

<b>Produtor</b>	<b>Município</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>N° Pontos Amostrais</b>
Luciano de Mattos	Alm. Tamandaré do Sul	28,7	27
Luiz e Paulo Marquetti	Tio Hugo	14,4	12
Nei César Mânica	Não-Me-Toque	38,6	38
Volnei Koeche	Victor Graeff	50,6	50
<b>Total</b>		<b>132,3</b>	<b>127</b>

#### 5.1.1 Área do Sr. Luciano de Mattos

Situada no município de Almirante Tamandaré do Sul, nas coordenadas geográficas com ponto central de 28°06'43" (S) e 52°56'27" (O), e está em uma altitude média de 572 metros, usando *datum* WGS84. No local, as avaliações foram realizadas em quatro safras de produção de grãos, nas sequências de culturas soja, milho, soja, soja no SPD durante o período de 2005 a 2009.

#### 5.1.2 Área do Sr. Luiz e Paulo Marquetti

Encontra-se localizada na cidade de Tio Hugo, com coordenadas geográficas 28°35'06" (S) e 52°36'30" (O), a uma altitude média de 512 metros, usando *datum* WGS84. As avaliações neste local foram realizadas em quatro safras de produção, com a soja como única cultura em todas as safras, sempre trabalhadas sob SPD consolidado no período de 2005 a 2009.

### 5.1.3 Área do Sr. Nei César Mânica

Localizada no município de Não-Me-Toque, nas coordenadas geográficas com ponto central de 28°31'12" (S) e 52°48'46" (O), encontra-se numa altitude média de 487 metros, usando *datum* WGS84. Na área a sequência de produção das safras foi de soja, soja, milho, soja respectivamente, de 2005 a 2009.

### 5.1.4 Área do Sr. Volnei Koeche

Situada na cidade de Vitor Graeff, nas coordenadas geográficas com ponto central 28°31'40" (S) e 52°40'19" (O), a uma altitude média de 488 metros, usando *datum* WGS84. As avaliações do local foram realizadas em quatro safras de produção, em uma sequência soja, soja, milho, soja no SPD durante o período de 2005 a 2009.

Os solos destas regiões são classificados como Latossolos Vermelhos (EMBRAPA, 2006), os quais, segundo as características que apresentam, são bem drenados, profundos, com altos teores de argila e com relevos considerados como suavemente ondulados. O clima da região, de acordo a classificação de Köppen é do tipo Cfa – subtropical (BRASIL, 1983), com índices pluviométricos entre 1600 a 1900 mm ano<sup>1</sup>. As temperaturas médias anuais ficam próximas a 19,5°C e a altitude das regiões variam de 450 a 600 metros.

## **5.2 Descrições das características das áreas, práticas de manejo utilizadas e formas de aplicação dos insumos**

O presente estudo levou em consideração as safras agrícolas dos anos de 2005/2006, 2006/2007, 2007/2008 e 2008/2009.

As quatro áreas selecionadas encontraram-se manejadas sob o SPD consolidado, quer dizer que levam a prática do SPD a mais de 10 anos seguidos, sem revolvimento do solo e com rotações adequadas de cultivos. Com a semeadura da soja e milho no verão, e plantas de cobertura no inverno. Deve-se considerar que cada área recebeu um manejo diferenciado ao longo dos anos em relação às safras cultivadas (Tabela 2). Para este estudo, somente os cultivos de verão foram avaliadas, pois estas são as que exportam maiores quantidades de nutrientes do solo e recebem, assim, doses elevadas de fertilizantes, sendo analisadas as saídas dos nutrientes (P e K) do sistema solo-planta dadas pela exportação de grãos e calculadas às adições das mesmas via aplicações de fertilizações.

Tabela 2 – Histórico das culturas de grãos produzidos no verão em cada área, durante o período em estudo (2005 a 2009).

Produtor	Anos Agrícolas			
	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009
Luciano de Mattos	Soja	Milho	Soja	Soja
Luiz e Paulo Marquetti	Soja	Soja	Soja	Soja
Nei César Mânica	Soja	Soja	Milho	Soja
Volnei Koeche	Soja	Soja	Milho	Soja

As aplicações dos fertilizantes foram realizadas à taxa fixa e variada, com o auxílio dos equipamentos disponibilizados pela Stara, empresa parceira do Projeto. Com o *software* Campeiro 6.0 se realizou a geração dos mapas de aplicação de insumos.

O equipamento foi regulado para realizar as aplicações à taxa variada em uma largura de trabalho de 20 metros, sendo previamente calibrado antes de cada uma delas. Para cada safra agrícola, as quantidades de fertilizantes a serem aplicadas foram calculadas levando em consideração os teores de nutrientes no

solo, baseados na manutenção ou correção quando necessária, expectativas de rendimento desejado, e as taxas que exportavam a cultura antecedente.

### 5.3 Mapeamento das áreas e georreferenciamento das amostras

As lavouras foram trabalhadas de forma georreferenciadas para obter-se um manejo localizado das mesmas, o mapeamento foi realizado com o auxílio de um GPS de navegação marca Garmin<sup>®</sup>. Se realizou a demarcação das áreas contornando seus vértices, seguidamente os dados foram trabalhados em um computador com o *software* “Sistema CR – Campeiro 6” desenvolvido pelo Setor de Geomática da UFSM (GIOTTO e ROBAINA, 2007), mediante o qual se realizou a geração dos mapas e as malhas de amostragens de solo, sendo que a grade de amostragem utilizada foi de 100 x 100 m, (Figura 2).

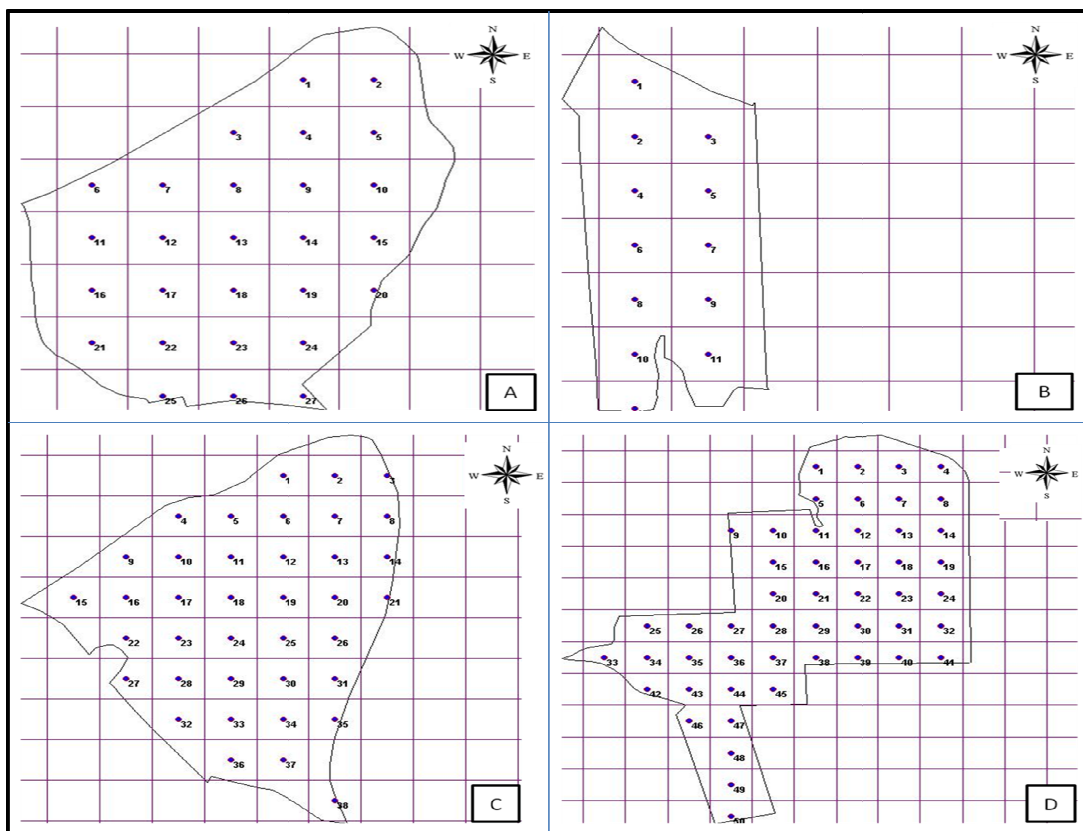


Figura 2 – Arquivo vetorial de contorno com os pontos de amostragens georreferenciados. Área do Luciano de Mattos (A), Luiz e Paulo Marquetti (B), Nei César Mânica (C) e Volnei Koeche(D).

## 5.4 Avaliações

### 5.4.1 Amostragem e análises dos solos para determinação dos atributos químicos.

As coletas das mostras de solos foram feitas nos anos de 2005 e 2009 com a utilização do trado calador, a uma profundidade de 0 - 0,10 m (Figura 3A). Foram coletadas dez subamostras para fazer uma amostra composta num raio de três metros ao redor do ponto georreferenciado no centro da grade amostral. Com o GPS de navegação foram localizados os pontos centrais para cada coleta. As subamostras foram homogeneizadas para obter-se uma amostra composta, representando aproximadamente 28 m<sup>2</sup>. Na medida em que as amostras de solo eram coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos individuais com os números correspondentes aos pontos coletados (Figura 3B).

As amostras de solos foram conduzidas ao Laboratório do Setor de Manejo e Conservação do Solo e Água da UFSM, onde foram secas em estufa a 65 °C, para depois serem moídas e tamisadas em malha de 2,0 mm. As determinações das propriedades dos solos foram feitas segundo a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995); Embrapa (1997).



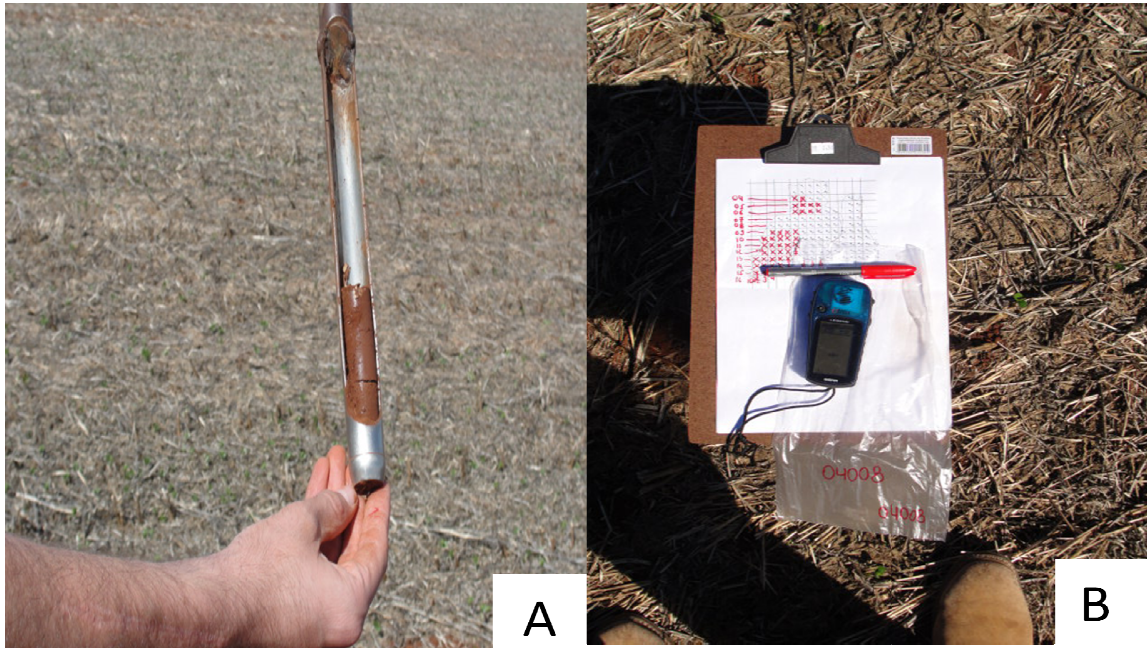


Figura 3 – Trado utilizado para realizar as amostragens de solos georreferenciada a uma profundidade de 0,10m (A). GPS de navegação, mapa de coleta e saco plástico de identificação (B).

#### 5.4.2 Cálculo do balanço de nutrientes

O balanço de nutrientes do P e do K, foram calculados pela diferença encontrada entre a adição e a exportação dos nutrientes ao sistema de produção das culturas. (FIORIN, 2008).

$$\text{Saldo (PK)} = \text{Adição de PK} - \text{Exportação de PK}$$

A adição de nutriente em cada ponto georreferenciado foi determinado segundo a quantidade de fertilizante que ingressou ao sistema solo, de acordo com a quantia e concentração da fonte que foi utilizada em cada ponto. O mesmo foi calculado conforme as necessidades de cada cultura, para manter ou elevar os níveis de P e K no solo.

### 5.4.3 Determinação da quantidade exportada de P e K na colheita

Para avaliação das exportações dos nutrientes do sistema, foram utilizadas os dados obtidos no rendimento das culturas e os valores exportados pelo nutriente para cada tonelada de grãos produzidos, dados de presunção segundo a Comissão...(2004), em que para a soja são 14 kg de  $P_2O_5$   $Mg^{-1}$  de grãos e para a cultura do milho 8 kg de  $P_2O_5$   $Mg^{-1}$  de grãos no P. Já no K os valores são de 20 kg de  $K_2O$   $Mg^{-1}$  de grãos para a soja e de 6 kg de  $K_2O$   $Mg^{-1}$  de grãos para o milho. Este cálculo foi possível de ser realizado graças aos mapas de colheita de cada safra. Conseguiu-se avaliar as quantidades de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  exportadas em cada ponto e local, mediante o computo das produtividades registradas pelos sensores de rendimento e filtragens dos pontos, utilizando-se um raio de busca de 25 m a partir do ponto central, dos mesmos pontos georreferenciados utilizados para a realização das amostragens de solo (Figura 4).

Os valores foram organizados e trabalhados em planilhas com a utilização do programa Excel 2007, em que os valores adicionados e exportados foram calculados e ordenados por ano e ponto georreferenciado, para cada nutriente.

Não foram levadas em consideração, para fins de cálculos, as perdas de nutrientes causadas pelo sistema solo-planta, já que estas não foram avaliadas devido à complexidade que apresenta.

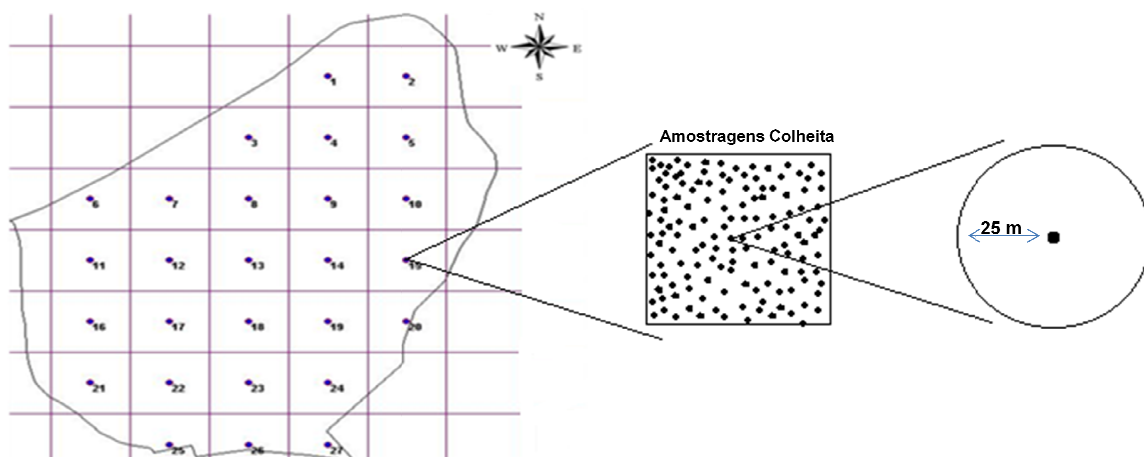


Figura 4 – Modelo de amostragem dos pontos de colheita

5.4.4 Estudo da variabilidade espacial e a evolução temporal dos teores de P e K no solo.

Levando em consideração as adições de nutrientes ao solo, via fertilizantes, e as exportações realizadas pelas colheitas das culturas, foram possíveis realizar determinações em forma detalhada das variabilidades espaciais e do comportamento temporal dos teores de P e K no solo no período de 2005 a 2009.

O estudo se baseou nas faixas de fertilidade previamente definidas pela Comissão Técnica do Projeto Aquarius, em que para os K se definiu as seguintes classes: Muito Baixo ( $< 50 \text{ mg dm}^{-3}$ ), Baixo ( $50 \text{ a } 120 \text{ mg dm}^{-3}$ ), Média ( $120 \text{ a } 150 \text{ mg dm}^{-3}$ ), Ideal ( $150 \text{ a } 200 \text{ mg dm}^{-3}$ ), Alta ( $200 \text{ a } 300 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e Muito Alta ( $> 300 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Para o P foram desenvolvidas duas classes baseados no teor de argila dos solos, para a Classe 1 ( $> 60\%$  de argila): Muito Baixo ( $< 5 \text{ mg dm}^{-3}$ ), Baixo ( $5 \text{ a } 10 \text{ mg dm}^{-3}$ ), Médio ( $10 \text{ a } 15 \text{ mg dm}^{-3}$ ), Ideal ( $15 \text{ a } 24 \text{ mg dm}^{-3}$ ), Alto ( $24 \text{ a } 48 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e Muito Alto ( $> 48 \text{ mg dm}^{-3}$ ); e para a Classe 2 (60 a 41% de argila): Muito Baixo ( $< 6 \text{ mg dm}^{-3}$ ), Baixo ( $6 \text{ a } 10 \text{ mg dm}^{-3}$ ), Médio ( $10 \text{ a } 15 \text{ mg dm}^{-3}$ ), Ideal ( $15 \text{ a } 30 \text{ mg dm}^{-3}$ ), Alto ( $30 \text{ a } 50 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e Muito Alto ( $> 50 \text{ mg dm}^{-3}$ ).

#### 5.4.5 Determinação da Capacidade Tampão do solo

Para cada local foram determinadas as quantidades de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , assim como as de  $\text{K}_2\text{O}$  que são necessárias adicionar ao solo para elevar 1 (um)  $\text{mg dm}^{-3}$ , calculadas pela seguinte equação 2 (SANTI, 2007).

$$CT = \frac{QNA - QNE}{TFN - TIN} \quad (2)$$

Em que:

CT= Capacidade Tampão ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

QNA= Quantidade de Nutriente Adicionado no solo ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

QNE= Quantidade de Nutriente Exportado do solo ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

TFN= teor final do nutriente no solo

TIN= teor inicial do nutriente no solo

#### 5.4.6 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância utilizando o programa computacional SISVAR 5.0 (FERREIRA, 2007) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Equações de regressão foram utilizadas para avaliar a relação entre saldo e evolução de P e K. As análises de regressão foram feitas pelo programa JMP IN versão 3.2.1 (SALL et al., 2005), utilizando-se o teste F ( $p < 0,05$ ).

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente, o estudo se focalizou na caracterização da variabilidade espacial dos locais em estudo, constatada a existência da mesma no início do projeto começaram a se realizar as realocações de nutrientes mediante fertilizações a taxas variadas, tentando aproveitar as reservas nutricionais que existiam no solo. Reduzindo, assim, as quantidades aplicadas nos pontos onde os solos responderiam a adubações mínimas e aumentando em lugares onde havia baixos teores do nutriente em estudo no solo. Com isto, buscou-se corrigir os teores de nutrientes contidos no solo, de maneira mais racional e econômica do que seria aplicando fertilizantes de forma tradicional. Seguidamente, foram calculados os balanços de nutrientes no solo, sendo assim possível avaliar a evolução temporal dos teores de P e K e apresentar, também, como foram determinadas as quantidades necessárias de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  para elevar o teor de P e K no solo durante o período de 2005 a 2009.

### 6.1 Diferenciação da variabilidade espacial nas áreas dos teores de P e K no solo.

Os resultados encontrados nas análises de solo no início do estudo (2005) demonstraram que havia uma expressiva variabilidade espacial nas áreas, apesar dos locais serem relativamente pequenos (de 14,4 ha a 50,6 ha). Esta variabilidade foi notória nos teores de P e K, apresentando grandes diferenças entre os teores máximos e mínimos dos nutrientes dentro de cada área (Tabela 3). Nas quatro áreas analisadas, o maior valor encontrado para o P foi de  $70,0 \text{ mg dm}^{-3}$  na área pertencente ao produtor Nei César Mânica, enquanto que o menor valor foi  $9,7 \text{ mg dm}^{-3}$  na área do Luciano de Mattos. Já para o K, o maior valor foi  $364 \text{ mg dm}^{-3}$ , e o menor  $63 \text{ mg dm}^{-3}$  nas áreas do Volnei Koeche e do Nei César Mânica, respectivamente.

Tabela 3 – Estatística descritiva dos parâmetros químicos das áreas em estudo no ano de 2005.

	Parâmetros do solo			Estatística	
	Mínima	Média (mg dm <sup>-3</sup> )	Máxima	DP*	CV** %
Luciano de Mattos					
Fósforo	9,70	21,70	39,00	7,79	35,81
Potássio	124	182	256	34,15	18,71
Luiz e Paulo Marquetti					
Fósforo	18,50	23,10	28,00	2,74	11,85
Potássio	100	185	268	55,34	29,81
Nei César Mânica					
Fósforo	16,00	40,50	70,00	9,93	24,54
Potássio	63	162	280	39,71	24,54
Volnei Koeche					
Fósforo	12,30	25,00	53,00	9,51	38,00
Potássio	76	212	364	57,63	27,13

\*DP: Desvio Padrão, \*\*CV: Coeficiente de Variação.

A variabilidade dos atributos segundo seu Coeficiente de Variação (CV) pode ser classificada, conforme proposto por Warrick & Nielsen (1980), em Baixa (CV < 12%), Média (12% < CV < 62%) e Alta (CV > 62%). Segundo Landim (1998), os valores de CV ministram outra relativa sobre a precisão do experimento, sendo muito utilizado no estudo da avaliação da dispersão dos dados obtidos.

Para o P, o CV variou de 11,85 a 38,0 %, enquanto que para o K as variações foram de 18,71 a 29,81 %. Pode-se afirmar que nenhum dos atributos apresentou CV Alto, pois tanto para o P como para o K seus valores foram enquadrados na classificação CV Média em todas as áreas avaliadas, com exceção da área do Luiz e Paulo Marquetti onde o valor de CV para o P foi de 11,85%, ainda permanecendo na classe Baixa, mas muito perto da faixa Média. O P e o K são os atributos do solo que apresentam uma maior variabilidade (PONTELLI, 2006; MACHADO et al., 2007). Blackmore (1996) considera que o manejo da variabilidade é a chave para o uso efetivo da tecnologia de AP.

Observa-se também que nas áreas pertencentes a Luciano de Mattos e Volnei Koeche o CV é maior no P em relação ao K, sendo igual na área do Nei César Mânica, e menor só na do Luiz e Paulo Marquetti. Para (SCHLINDWEIN; ANGHINONI, 2000), o maior CV é apresentado no P, causados por fatores naturais de formação dos solos, como sua baixa concentração natural nos Latossolos e consequentemente alto poder tampão que, aliados à sua dinâmica de baixa mobilidade, podem resultar em uma alta variabilidade. Assim, a ação antrópica também contribui para aumentar a variabilidade no solo, ao manejar as áreas sem considerar a variabilidade do teor de argila do solo e a variabilidade da produtividade.

Segundo Amado et al. (2006), áreas que possuem uma notória variabilidade nos seus atributos químicos demonstram que a forma tradicional de se fazer agricultura aumenta a variabilidade dos atributos naturalmente existentes nessas áreas. Considerando estes dados, pode-se dizer que foi evidente a existência de uma grande variabilidade espacial em todos os campos, o que levou a optar por fazer um manejo diferenciado e específico das áreas mediante a implantação do ciclo completo da AP. Salientando que se espera com uma prática adequada da AP, obter um melhor e mais detalhado entendimento das áreas em estudo.

As amplitudes dos valores de P e K encontradas nestas áreas evidenciaram os possíveis erros que podem ser cometidos ao utilizar a média dos atributos do solo para realizar as recomendações no uso de insumos agrícolas (corretivos e fertilizantes), podendo causar perdas econômicas por aplicações inadequadas, sendo elas em excesso em alguns lugares ou em falta em outras, ocasionando, assim, prováveis prejuízos ao meio ambiente e tornando a agricultura insustentável. A atividade humana geralmente objetiva uniformizar os teores dos nutrientes no solo, mas nem sempre conseguem seu propósito, já que o próprio homem também induz à variabilidade (SCHLINDWEIN; ANGHINONI, 2000).

No ano de 2009, após a safra agrícola realizou-se uma nova amostragem de solos para estudar assim o comportamento da variabilidade espacial das áreas. Analisando os valores obtidos de P e K (Tabela 4), nota-se que o P variou de 19 mg dm<sup>-3</sup> (Luciano de Mattos) a 79,8 mg dm<sup>-3</sup> (Nei César Mânica) e o K de 99 mg dm<sup>-3</sup> a 357 mg dm<sup>-3</sup> nas áreas do Volnei Koeche e Luiz e Paulo Marquetti, respectivamente.

Após quatro anos em que as áreas foram manejadas com ferramentas de AP se alcançou a diminuição dos valores de CV, que variaram de 12,96 a 25,16 % no P,

e de 9,63 a 18,89 % no K. Dados muito menores, porém similares aos que foram encontrados por Cambardella et al., (1994); Mallarino (1996); Molin (2001); Santi (2007); Dellamea (2008), com valores de CV variando de 24 a 71% no P e de 17 a 43% no K.

Tabela 4 – Estatística descritiva dos parâmetros químicos das áreas em estudo no ano de 2009.

	Parâmetros do solo			Estatística	
	Mínima	Média (mg dm <sup>-3</sup> )	Máxima	DP*	CV** %
Luciano de Mattos					
Fósforo	19,00	31,80	43,00	6,21	19,52
Potássio	125	162	216	21,02	12,93
Luiz e Paulo Marquetti					
Fósforo	22,40	30,20	34,90	3,92	12,96
Potássio	222	285	357	42,26	14,8
Nei César Mânica					
Fósforo	28,60	45,39	79,80	11,23	24,73
Potássio	151	182	238	17,55	9,63
Volnei Koeche					
Fósforo	23,00	35,90	62,60	9,05	25,16
Potássio	99	154	231	29,11	18,89

\*DP: Desvio Padrão, \*\*CV: Coeficiente de Variação.

Fazendo um comparativo dos CV dos anos de 2005 e 2009, comprova-se que houve uma grande diminuição nas amplitudes dos CV, ficando evidenciada a eficiência da utilização da taxa variada nas fertilizações ao longo dos anos. Já que se conseguiu elevar os teores de P e K para a faixa ideal de fertilidade, assim como, também diminuir a amplitude dos valores de CV.

Conhecer detalhadamente a presença da variabilidade química e suas relações com a produtividade pode permitir implantar o manejo em sítio específico ou em taxa variada (COELHO, 2003). Foi assim que com a utilização da AP como ferramenta de auxílio na tomada de decisões para recomendações e práticas



agrícolas a serem realizadas, conseguiu-se este tipo de melhoramentos no solo, além de um melhor aproveitamento dos insumos.

## **6.2 Área do Sr. Luciano de Mattos**

### **6.2.1 Saldo da adição - exportação de P e K no ensaio.**

No estudo do P, os resultados dos saldos acumulados na rotação S/M/S/S variaram de 44,6 até 274,2 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Tabela 5), apresentando saldos positivos em todos os pontos, em que as adubações foram sempre maiores quando comparadas com as exportações, as quais foram obtidas mediante cálculos das produtividades de grãos, observadas na (Tabela 6).

O P, quando adicionado como fertilizante, tende a passar rapidamente para formas menos solúveis, ficando precipitado ou adsorvido, aproveitando-se apenas 5 a 20%, em comparação aos 60-80% do nitrogênio e 50 a 70% do K (SOARES, 2005). Os nutrientes excedentes que se dão nos saldos positivos em um estudo de balanço não são necessariamente perdidos, podendo ser reutilizados do solo pelos futuros cultivos, dependendo da sua dinâmica no sistema solo-planta, e das condições edafológicas e climáticas (GARCIA, 2003).

Vázquez (2002), fazendo referência ao P, diz que a fertilização é a única forma de adição ao sistema solo. O P é um nutriente que apresenta efeito residual elevado e baixa eficiência de recuperação, isto devido a sua retenção no solo (BERARDO, 2003), ocasionando um dês-balanço nutricional que potencialmente afeta a produtividade das culturas quando os saldos são negativos.

O aumento ou decréscimo das frações de P no solo dependem do balanço entre as adições e as exportações. Em locais destinados a exploração agrícola, além da erosão, existe um declínio biológico causado pelas exportações das colheitas, o qual pode ser expressivo quando não houver uma correta reposição dos mesmos.

As adições via fertilizante, ao longo do experimento foram de 16 % a 57% superiores que as exportações via colheitas de grãos. Com aplicações de

fertilizantes médias totais de  $347,3 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , sendo 37,5 % superiores comparadas às extrações, com valores médios de  $216,9 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Tabela 5 – Quantidade de P adicionado ao solo via fertilizantes (Ad), exportação via colheita de grãos (Ex) e saldo (adição - exportação) na sequência S/M/S/S. Área do Sr. Luciano de Mattos. Almirante Tamandaré do Sul- RS. 2005-2009.

Pontos	Soja 2005/2006		Milho 2006/2007		Soja 2007/2008		Soja 2008/2009		Total		Saldo 2005-2009
	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex	
	----- kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -----										
1	107,0	41,1	152,0	87,9	55,7	40,6	39,6	45,0	354,3	214,6	139,8
2	182,1	40,3	202,8	88,8	58,0	35,9	39,6	43,3	482,5	208,3	274,2
3	149,6	44,1	190,2	89,1	56,8	41,4	39,6	43,8	436,2	218,5	217,7
4	65,0	45,7	109,0	90,8	58,7	40,2	39,6	44,2	272,3	220,8	51,6
5	65,0	42,9	109,0	94,3	59,8	42,9	39,6	48,6	273,4	228,8	44,6
6	108,0	41,9	152,0	72,9	42,5	40,8	39,6	41,7	342,1	197,3	144,8
7	108,0	47,7	152,0	87,9	57,7	43,8	39,6	47,2	357,3	226,5	130,8
8	108,0	44,6	152,0	90,2	57,4	36,3	39,6	44,5	357,0	215,7	141,3
9	108,0	48,6	152,0	94,2	60,3	40,7	39,6	48,3	359,9	231,8	128,1
10	65,0	39,2	109,0	96,4	60,7	36,5	39,6	40,5	274,3	212,7	61,6
11	108,0	48,7	152,0	93,9	59,9	43,9	39,6	48,2	359,5	234,7	124,8
12	147,1	51,1	188,6	98,5	62,5	41,1	39,6	47,2	437,8	237,9	199,8
13	108,0	45,7	153,9	92,0	59,4	39,0	39,6	44,6	360,9	221,3	139,6
14	108,0	46,2	153,0	86,3	59,4	38,8	39,6	46,2	360,0	217,6	142,5
15	108,0	41,9	152,0	80,2	55,0	35,9	39,6	49,3	354,6	207,2	147,4
16	151,5	54,0	195,1	82,8	54,8	41,9	39,6	45,2	441,0	223,9	217,1
17	65,0	46,4	152,0	97,2	61,7	36,0	39,6	43,5	318,3	223,2	95,1
18	108,0	50,4	152,0	88,2	58,2	38,0	39,6	45,4	357,8	222,0	135,8
19	108,0	45,8	152,0	86,2	58,3	43,1	39,6	50,1	357,9	225,1	132,8
20	65,0	43,4	109,0	79,4	48,6	45,1	39,6	48,1	262,2	216,1	46,2
21	108,0	47,0	152,0	91,3	57,3	43,6	39,6	46,3	356,9	228,2	128,7
22	135,0	44,3	167,1	82,2	53,6	39,6	39,6	41,2	395,4	207,3	188,1
23	65,0	51,9	120,9	96,5	60,7	40,9	39,6	46,3	286,3	235,5	50,7
24	108,0	41,4	152,0	94,3	58,7	37,6	39,6	47,9	358,3	221,1	137,2
25	108,0	44,8	152,0	72,3	43,8	33,7	39,6	38,3	343,4	189,1	154,3
26	65,0	38,9	109,0	73,6	43,7	36,7	39,6	36,8	257,3	185,9	71,4
27	65,0	39,1	109,0	70,6	45,8	39,4	39,6	37,4	259,4	186,5	72,9
<b>Média</b>	<b>103,6</b>	<b>45,1</b>	<b>148,2</b>	<b>87,3</b>	<b>55,9</b>	<b>39,8</b>	<b>39,6</b>	<b>44,8</b>	<b>347,3</b>	<b>216,9</b>	<b>130,3</b>

Tabela 6 – Rendimento Acumulado (RA) em cada cultura por ponto e Rendimento Absoluto Acumulado (RAA) na seqüência S/M/S/S. Área do Sr. Luciano de Mattos, Almirante Tamandaré do Sul - RS. 2005-2009.

Pontos	Soja2005/06	Milho2006/07	Soja2007/08	Soja2008/09	RAA (kg ha <sup>-1</sup> )
	RA (kg ha <sup>-1</sup> )				
1	2936,91	10989,08	2897,54	3212,57	20036,10
2	2877,72	11102,14	2565,25	3094,29	19639,40
3	3150,23	11140,68	2958,49	3131,78	20381,18
4	3261,86	11347,10	2869,35	3154,80	20633,11
5	3065,50	11791,18	3067,72	3470,66	21395,06
6	2993,73	9107,76	2917,23	2980,13	17998,85
7	3404,50	10987,86	3125,77	3371,55	20889,68
8	3184,59	11280,50	2595,68	3181,84	20242,61
9	3470,67	11769,29	2909,93	3452,22	21602,11
10	2800,73	12054,86	2606,42	2895,32	20357,33
11	3477,63	11733,30	3135,69	3442,96	21789,58
12	3649,46	12318,28	2935,24	3371,59	22274,57
13	3262,87	11500,42	2784,89	3187,08	20735,26
14	3301,43	10793,18	2770,37	3300,85	20165,83
15	2993,10	10020,31	2563,49	3519,09	19095,99
16	3859,64	10344,06	2996,19	3227,84	20427,73
17	3311,86	12155,96	2572,57	3110,14	21150,53
18	3601,94	11028,68	2711,64	3240,74	20583,00
19	3270,62	10768,76	3075,95	3579,83	20695,16
20	3102,00	9930,88	3224,84	3432,38	19690,10
21	3356,89	11414,37	3111,13	3308,37	21190,76
22	3161,65	10279,45	2827,66	2945,15	19213,91
23	3703,82	12058,00	2924,31	3305,96	21992,09
24	2953,60	11783,74	2684,26	3420,28	20841,88
25	3196,81	9040,91	2405,74	2738,04	17381,50
26	2776,65	9195,27	2619,59	2627,73	17219,24
27	2794,15	8818,92	2816,81	2674,10	17103,98
<b>Média</b>	<b>3219,28</b>	<b>10916,85</b>	<b>2839,77</b>	<b>3199,16</b>	<b>20175,06</b>

Realizando uma observação nas exportações encontradas na área durante o estudo, foi constatado que a soja extraiu em média  $43,2 \text{ kg ha}^{-1}$  em três safras, já o milho extraiu o dobro de P em relação à soja ( $87,3 \text{ kg ha}^{-1}$ ) numa safra só (Figura 5). Bragachini; Méndez (2010) conferiram que o cultivo do milho extrai  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  em produtividades próximas a  $12.000 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Calculou-se que seja preciso de  $216,9 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  em média, para repor as exportações totais de P, em uma sequência de culturas (S/M/S/S).

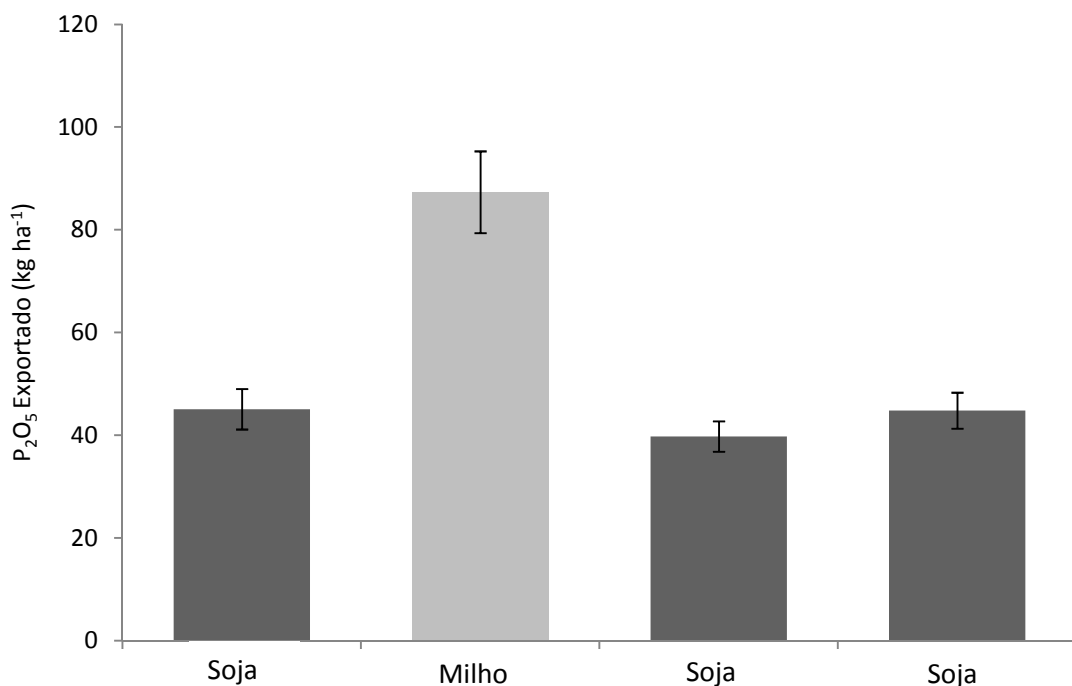


Figura 5 – Quantidade de  $\text{P}_2\text{O}_5$  exportado na sequência S/M/S/S. Área do Luciano de Mattos. Almirante Tamandaré do Sul - RS. 2005-2009.

Na avaliação do K, observaram-se saldos positivos de balanço na maioria dos pontos, representando isto em um total de 74% da área, com uma faixa de ganho entre  $4,8$  a  $98,5 \text{ kg ha}^{-1}$  (Tabela 7). Assim, obtiveram-se saldos negativos no balanço, com valores entre  $-0,4$  e  $-30,4 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , o qual não deve ser preocupante. Neste contexto, Garcia et al. (2006) sustentaram que um balanço negativo de nutrientes no solo não pode ser considerado necessariamente como ruim e de fertilidade inferior, e que, balanços neutros indicam que a quantidade de

nutrientes no solo não mudou, porque o sistema solo é complexo e a fertilidade pode ter sido alterada de muitas formas.

As aplicações de fertilizantes potássicos, na sequência analisada nesta área, tiveram em forma geral uma média de 276,0 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, as quais foram superiores em 9 % quando comparadas às extrações, segundo as médias exportadas que tiveram um valor de 250,7 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Tabela 7 – Quantidade de K adicionado ao solo via fertilizantes (Ad), exportação via colheita de grãos (Ex) e saldo (adição - exportação) na sequência S/M/S/S. Área do Sr. Luciano de Mattos, Almirante Tamandaré do Sul - RS. 2005-2009.

Pontos	Soja 2005/2006		Milho 2006/2007		Soja 2007/2008		Soja 2008/2009		Ad	Total	Saldo
	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex			
	kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O										
1	83,0	58,7	50,0	65,9	55,7	58,0	39,6	64,3	228,3	246,9	-18,5
2	83,0	57,6	50,0	66,6	58,0	51,3	39,6	61,9	230,6	237,4	-6,8
3	83,0	63,0	50,0	66,8	56,8	59,2	39,6	62,6	229,4	251,7	-22,2
4	111,0	65,2	64,4	68,1	58,7	57,4	39,6	63,1	273,8	253,8	20,0
5	83,0	61,3	50,0	70,7	59,8	61,4	39,6	69,4	232,4	262,8	-30,4
6	83,0	59,9	50,0	54,6	42,5	58,3	39,6	59,6	215,1	232,5	-17,4
7	116,0	68,1	67,0	65,9	57,7	62,5	39,6	67,4	280,3	264,0	16,3
8	116,0	63,7	67,0	67,7	57,4	51,9	39,6	63,6	280,0	246,9	33,1
9	116,0	69,4	67,0	70,6	60,3	58,2	39,6	69,0	282,9	267,3	15,6
10	106,4	56,0	67,0	72,3	60,7	52,1	39,6	57,9	273,7	238,4	35,4
11	116,0	69,6	67,0	70,4	59,9	62,7	39,6	68,9	282,5	271,5	11,0
12	150,0	73,0	100,0	73,9	62,5	58,7	39,6	67,4	352,1	273,0	79,1
13	116,0	65,3	67,0	69,0	59,4	55,7	39,6	63,7	282,0	253,7	28,3
14	93,0	66,0	59,7	64,8	59,4	55,4	39,6	66,0	251,8	252,2	-0,4
15	116,0	59,9	67,0	60,1	55,0	51,3	39,6	70,4	277,6	241,6	36,0
16	150,0	77,2	100,0	62,1	54,8	59,9	39,6	64,6	344,4	263,7	80,7
17	150,0	66,2	100,0	72,9	61,7	51,5	39,6	62,2	351,3	252,8	98,5
18	83,0	72,0	50,0	66,2	58,2	54,2	39,6	64,8	230,8	257,3	-26,5
19	116,0	65,4	67,0	64,6	58,3	61,5	39,6	71,6	280,9	263,1	17,8
20	116,0	62,0	67,0	59,6	48,6	64,5	39,6	68,6	271,2	254,8	16,5
21	150,0	67,1	100,0	68,5	57,3	62,2	39,6	66,2	346,9	264,0	82,9
22	145,4	63,2	89,0	61,7	53,6	56,6	39,6	58,9	327,6	240,4	87,3
23	116,0	74,1	67,0	72,3	60,7	58,5	39,6	66,1	283,3	271,0	12,3
24	116,0	59,1	67,0	70,7	58,7	53,7	39,6	68,4	281,3	251,9	29,4
25	87,1	63,9	55,4	54,2	43,8	48,1	39,6	54,8	225,8	221,1	4,8
26	116,0	55,5	67,0	55,2	43,7	52,4	39,6	52,6	266,3	215,7	50,6
27	116,0	55,9	67,0	52,9	45,8	56,3	39,6	53,5	268,4	218,6	49,8
<b>Média</b>	<b>112,3</b>	<b>64,4</b>	<b>68,1</b>	<b>65,5</b>	<b>55,9</b>	<b>56,8</b>	<b>39,6</b>	<b>64,0</b>	<b>276,0</b>	<b>250,7</b>	<b>25,3</b>

A soja não foi a cultura que mais removeu o nutriente do solo como se era previsto, isto ao compará-lo com o milho em uma safra. Os valores de exportação de K mantiveram-se relativamente constantes nas três safras da soja, com uma média de  $62 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . Já em uma safra de milho a exportação média foi de  $65,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  (Figura 6). Pode-se inferir que como as exportações estão diretamente relacionadas à produtividade das culturas (FIORIN, 2008), isto pode ter causado a maior exportação de  $\text{K}_2\text{O}$  do solo na cultura do milho, devido às altas produtividades alcançadas neste local.

Calcula-se que são precisos  $250,7 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  em média para repor as exportações totais de K, em uma sequência de culturas (S/M/S/S).

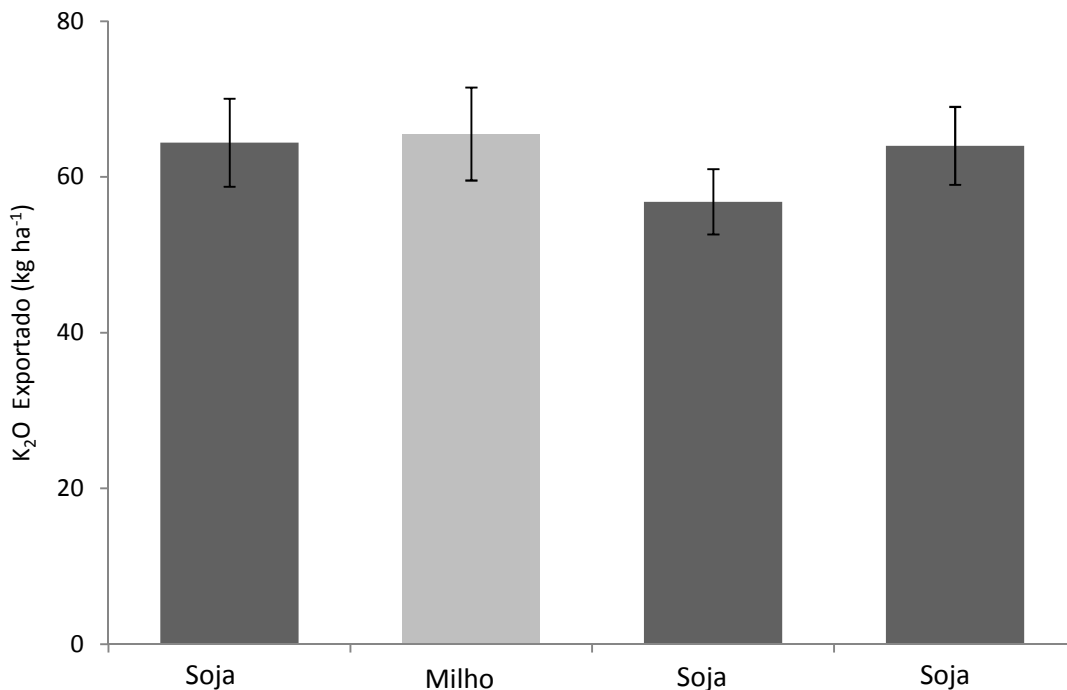


Figura 6 – Quantidade de  $\text{K}_2\text{O}$  exportado na sequência S/M/S/S. Área do Luciano de Mattos. Almirante Tamandaré do Sul - RS. 2005-2009.

### 6.2.2 Evolução temporal dos teores de P no solo.

Os valores de P no solo, em 2005, variaram de  $9,7$  a  $39,0 \text{ mg dm}^{-3}$  com um teor médio de  $21,7 \text{ mg dm}^{-3}$  (Anexo A), sendo que 26 % dos 27 pontos se



encontravam abaixo do limite ideal estipulado pela Comissão Técnica do projeto. Comparando-se com o ano de 2009, em que os teores no solo foram de 19 e 43 mg dm<sup>-3</sup>, com uma média dos pontos de 31,8 mg dm<sup>-3</sup>, assim se logrou elevar o 100 % dos pontos para as faixas ideal e alta (Figura 7). De forma geral, obteve-se o aumento dos teores de P e uma redução da variabilidade da área.

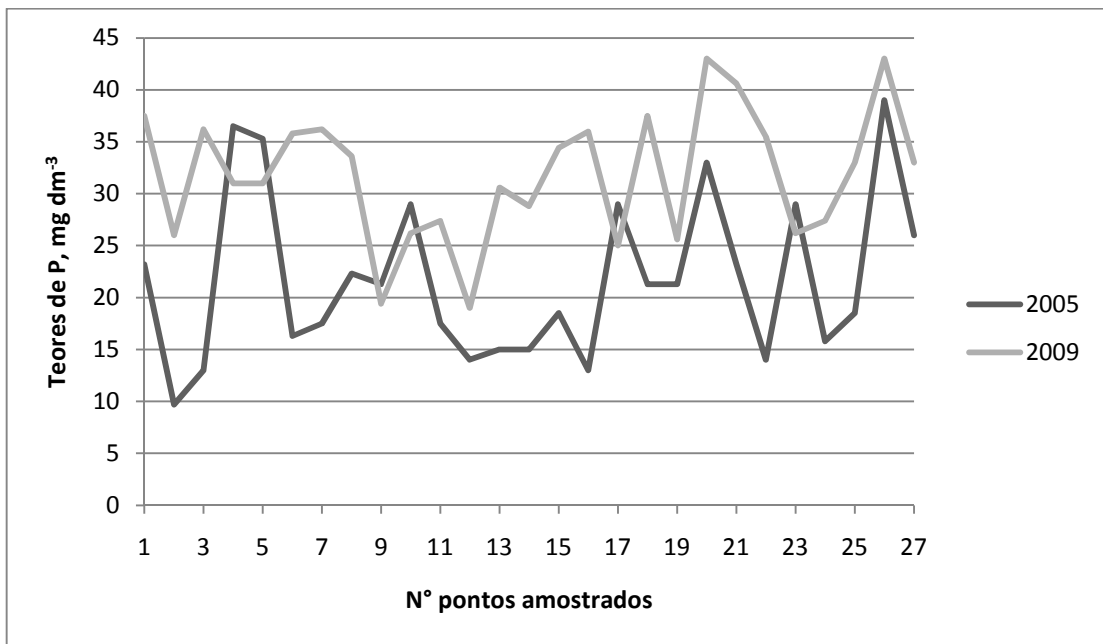


Figura 7 – Evolução dos teores de P no solo em cada ponto e ano. Área do Luciano de Mattos. Almirante Tamandaré do Sul - RS. 2005-2009.

Em relação às correlações obtidas segundo o saldo (adição - exportação) com a evolução dos teores P no solo, podem se verificar dois comportamentos bem distintos. Um esperado e outro inesperado.

De forma esperada no solo na medida em que as adições foram maiores do que as exportações da cultura, os teores no solo aumentaram (Figura 8). O saldo possuiu uma relação significativa com a evolução dos teores no solo, onde quando maiores foram os saldos as evoluções cresceram em forma racional. Esta situação correspondeu a 77,8 % do total das amostragens. Aplicações contínuas de fertilizantes fosfatados produzem incrementos nos teores de P no solo, isto ocorre pelo excesso de P adicionado ao solo quando comparado ao removido pelos grãos durante a colheita, gerando-se um efeito residual, explicado pelas baixas perdas de

P por lixiviação (BERARDO et al. 1997). Os valores de P no solo tendem a aumentar com aplicações de fertilizantes fosfatados em doses que excedem as exportações, em forma contínua.

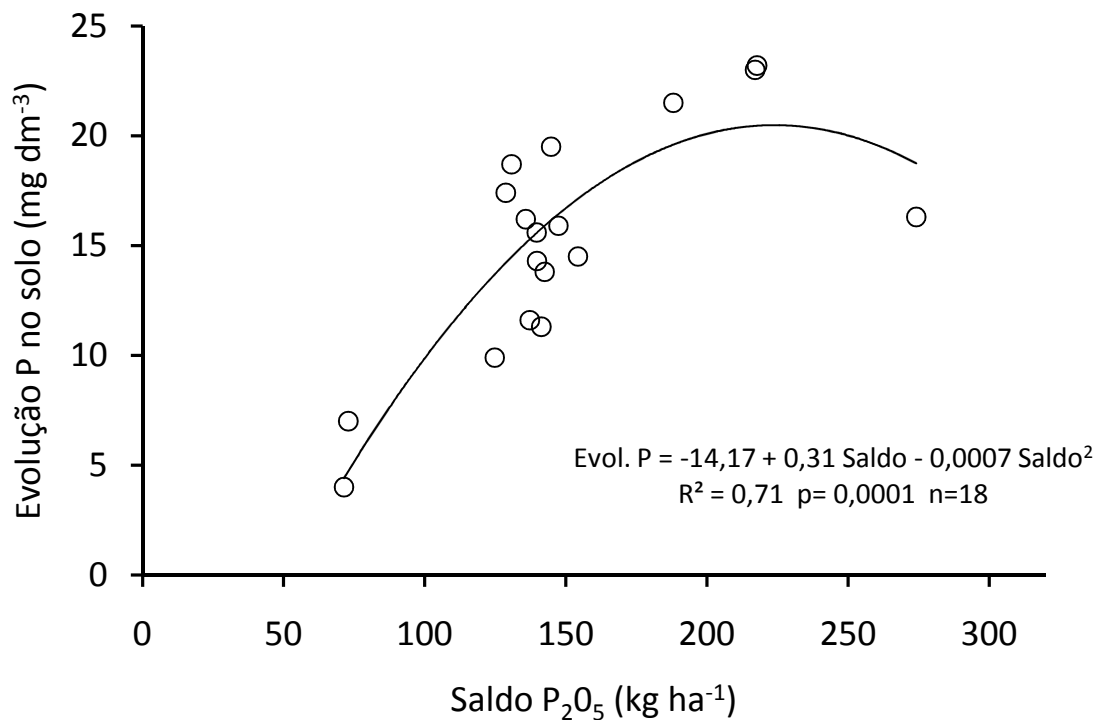


Figura 8 – Evolução comportamental dos teores de P no solo relacionados com o saldo (adição - exportação) de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Área do Luciano de Mattos. Almirante Tamandaré do Sul - RS. 2005-2009.

De forma inesperada, observou-se que em um 22,2 % da área, mesmo as adições sendo maiores que as exportações, houve uma diminuição dos teores de P no solo. Ciampitti; García (2008), expressaram que o balanço de nutrientes é uma estimativa que responde ao conceito de “caixa preta”, referindo-se ao fato de que não são consideradas todas as transformações ocorridas nos nutrientes dentro do sistema solo-planta, nem as perdas gasosas, assim como também não são incluídas as perdas por lixiviação e erosão. A dinâmica do ciclo do P no solo excede ao período de crescimento das culturas anuais, devido ao seu grande residual, por este motivo se recomenda experimentos de longa duração para o estudo do balanço de nutrientes no solo (GARCIA, 2007). No Balanço Parcial de Nutrientes somente são

estimadas as adições que se dão via fertilizações e as exportações ocorridas pela colheita dos grãos das culturas. Os aportes de nutrientes dos resíduos das culturas realizadas num mesmo lote são considerados como nutrientes reciclados dentro do mesmo sistema solo, porém, não são incluídos entre as adições (CASSMAN, 1999; GALANTINI et al., 2000; PHEAV, 2002; GARCÍA, 2003; FORJÁN, 2004).

Os comportamentos inesperados que ocorreram no solo, em alguns pontos deste local e em outros também pertencentes ao estudo e, que serão comentados mais adiante, poderiam haver ocorrido por alguma das causas citadas acima, as quais não foram avaliadas no estudo nesta oportunidade. Assim como também podem estar associadas a erros no processo da AP, em especial no diagnóstico (amostragem do solo).

### 6.2.3 Evolução temporal dos teores de K no solo.

No estudo dos teores de K, foi observado que no ano de 2005 os valores mínimo e máximo encontrados foram 124 e 256 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente. Com um teor médio de 182 mg dm<sup>-3</sup>, onde 18,5 % dos pontos estavam abaixo do limite ideal e 29,5 % situavam-se acima deste nível (alto). Analisando os teores de 2009, pode-se notar que o valor mínimo foi de 125 mg dm<sup>-3</sup> e o máximo de 216 mg dm<sup>-3</sup>, com uma média dos pontos de 162 mg dm<sup>-3</sup>. Foi possível notar que aumentaram levemente os teores abaixo do nível ideal, porém diminuíram os valores do nível alto (7,5%), concentrando-se esta diferença na faixa ideal (59%) e média (33,5%) (Figura 9). Particularmente conseguiu-se uma notória redução da variabilidade, assim como também a concentração dos valores próximos da faixa ideal.

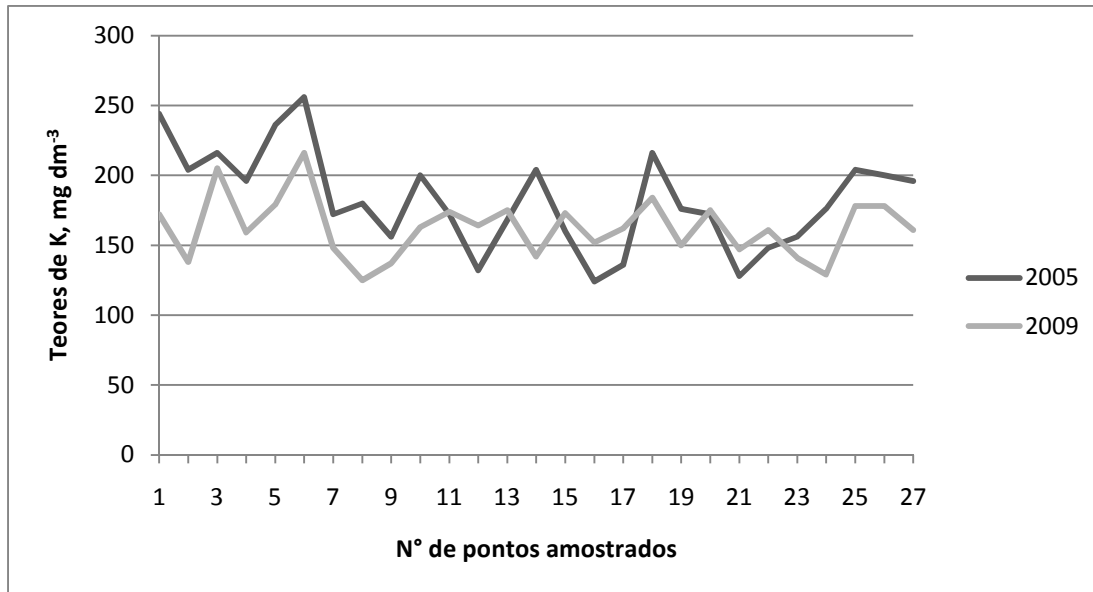


Figura 9 – Evolução dos teores de K no solo em cada ponto e ano. Área do Luciano de Mattos. Almirante Tamandaré do Sul - RS. 2005-2009.

Ao observar às correlações, é possível notar três comportamentos distintos no solo. Sendo dois com respostas esperadas e um inesperado.

De forma esperada se observou que na medida em que o K adicionado foi maior que o exportado, os teores no solo aumentam (Figura 10). A evolução dos teores de K foi baixa, isto pode ter acontecido devido ao fato que no início do estudo, a maioria dos pontos já se encontravam em níveis acima do teor crítico, assim como também os saldos foram praticamente neutros (adição = exportação), porém demonstrando uma resposta significativa com a evolução onde estes foram positivos.

Entretanto, nos pontos onde a exportação era maior que a aplicação houve uma redução nos teores de K no solo (Figura 11), não tendo um comportamento expressivo. A extração de nutrientes é parcialmente corrigida por processos que acontecem no mesmo solo, porém os níveis originais vão se reduzindo a cada safra, chegando a um momento que será irreversível e deverá haver uma restituição para não comprometer o potencial de produtividade do recurso solo. Estas duas situações corresponderam à maioria dos pontos da área em estudo (59,5%).

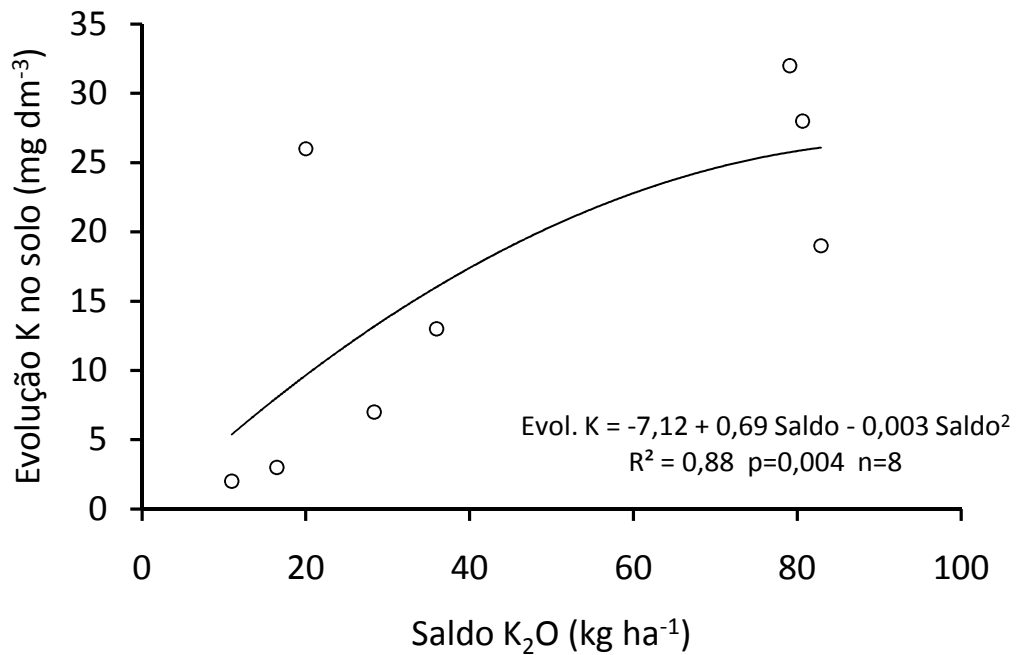


Figura 10 – Evolução comportamental dos teores de K no solo relacionados com o saldo (adição - exportação) de K<sub>2</sub>O. Área do Luciano de Mattos. Almirante Tamandaré do Sul - RS. 2005-2009.

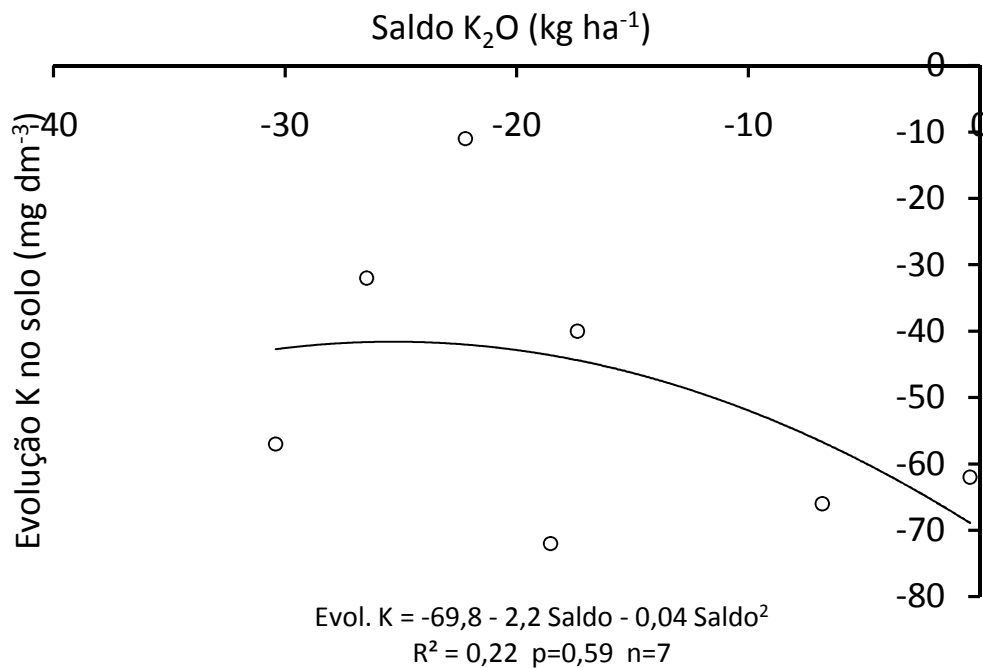


Figura 11 – Evolução comportamental dos teores de K no solo relacionados com o saldo (adição - exportação) de K<sub>2</sub>O. Área do Luciano de Mattos. Almirante Tamandaré do Sul - RS. 2005-2009.

Já de forma inesperada no solo, em alguns pontos se observou um comportamento semelhante ao ocorrido no P, onde as adições de K foram maiores que as exportações, os teores no solo diminuíram. Situação que se apresentou em 40,5% dos pontos. Isto pode ser pela atuação de fatores mais complexos que ocorrem no sistema solo, não computados neste estudo, tendo como consequência este comportamento ilógico. O acompanhamento da evolução e comportamento dos indicadores de fertilidade no solo não parece ser a forma mais eficiente para melhorar a avaliação da fertilidade, no SPD existem outros indicadores que se relacionam melhor com o rendimento do que os usados tradicionalmente para avaliar a fertilidade do solo (NICOLODI, 2007).

#### 6.2.4 Capacidade Tampão de P e K do solo

Levando em consideração as diferenças entre as adições de fertilizantes e as exportações de P e K em cada ponto, foi possível calcular as quantidades de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  necessária para elevar o teor de P e K em  $1 \text{ mg dm}^{-3}$  em cada faixa do solo e em média geral da área (Tabela 8).

O valor médio encontrado nos diferentes níveis de solo para elevar  $1 \text{ mg dm}^{-3}$  de P foi de  $12,5 P_2O_5 \text{ kg ha}^{-1}$ , valor semelhante ao encontrado por Dobermann et al. (2002), em que também foram necessários  $12,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de P para aumentar  $1 \text{ mg dm}^{-3}$  no solo. Ferraris et al. (2008) após três anos de experimentações em solos da Argentina, sentiu a necessidade de aplicar  $12 \text{ kg ha}^{-1}$  de P para elevar  $1 \text{ mg dm}^{-3}$  do nutriente no solo (0-0,20 m). Ciampitti (2009) também achou na Argentina valores entre 10 e  $13 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$  para aumentar em  $1 \text{ mg dm}^{-3}$  de P no solo.

No K o valor médio obtido para elevar  $1 \text{ mg dm}^{-3}$  de K no solo foi de  $3,9 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$ . Igualmente, Fatecha (2010) determinou que num experimento com duração de quatro anos, foi preciso de  $4,2 \text{ mg dm}^{-3}$  de  $K_2O$  para aumentar o teor de K na região de Misiones no Paraguai.

Tabela 8 – Quantidade de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  ( $kg\ ha^{-1}$ ) necessários para elevar o teor de P e K em  $1\ mg\ dm^{-3}$  no solo. Área do Luciano de Mattos. Almirante Tamandaré do Sul - RS. 2005-2009.

$P_2O_5$ ( $kg\ ha^{-1}$ )		
Nível do solo	Nº de pontos	
Baixo	1	16,82
Médio	5	9,37
Ideal	10	9,68
Alto	2	14,13
Média da área	18	12,50
$K_2O$ ( $Kg\ ha^{-1}$ )		
Nível do solo	Nº de pontos	
Médio	4	3,38
Ideal	4	4,45
Média da área	8	3,9

### 6.3 Área do Sr. Luiz e Paulo Marquetti

#### 6.3.1 Saldo da adição - exportação de P e K no ensaio.

Na rotação S/S/S/S, os saldos acumulados de P, segundo as adições e exportações, estiveram entre  $30,3$  e  $161,1\ kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  (Tabela 9), portanto os saldos foram positivos em todos os pontos analisados, pois as fertilizações sempre foram maiores do que as exportações. As exportações foram calculadas pelas quantidades de nutriente que se exportam a cada tonelada produzida, isto foi possível mediante os rendimentos obtidos em cada safra e ponto graças aos mapas de colheita gerados a cada ano (Tabela 10).

O P, adicionado ao longo do experimento via fertilizante, foi  $14,5\ %$  e  $49\ %$  superiores às exportações. As aplicações de adubos fosfatados em média foram de  $275,5\ kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$ , sendo  $40\ %$  superiores comparadas às extrações, com valores médios de  $165,2\ kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$ . Linquist et al. (1996) encontraram balanços positivos durante um período de 8 anos de avaliação, com doses acumuladas de  $155$ ,  $310$  e  $930\ kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$ . Estas doses excederam as

extrações por ocasião da colheita de grãos numa sequência de 4 culturas de soja e posteriormente em rotação milho/soja, que apresentou valores iguais a 99, 235 e 843 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.



Tabela 9 – Quantidade de P adicionado ao solo via fertilizantes (Ad), exportação via colheita de grãos (Ex) e saldo (adição - exportação) na sequência S/S/S/S. Área do Sr. Luiz e Paulo Marquetti. Tio Hugo - RS. 2005-2009.

Pontos	Soja 2005/2006		Soja 2006/2007		Soja 2007/2008		Soja 2008/2009		Total		Saldo 2005-2009	
	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex		
kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>												
1	61,3	48,4	109,0	35,2	45,6	26,6	61,3	44,1	277,1	154,3	122,8	
2	61,3	59,0	106,6	42,4	59,2	31,8	61,3	44,0	288,4	177,2	111,2	
3	61,3	52,0	33,0	37,5	51,3	41,2	61,3	45,9	206,8	176,5	30,3	
4	61,3	50,1	109,0	43,2	45,0	31,1	61,3	42,9	276,5	167,2	109,3	
5	61,3	53,8	103,1	38,9	51,6	34,7	61,3	46,6	277,2	174,0	103,2	
6	61,3	52,3	109,0	40,8	56,9	35,8	61,3	47,3	288,4	176,2	112,2	
7	61,3	51,1	109,0	32,4	45,3	28,0	61,3	47,3	276,8	158,8	118,0	
8	61,3	51,3	109,0	40,2	97,7	26,4	61,3	50,2	329,2	168,2	161,1	
9	61,3	52,7	109,0	37,8	48,9	29,8	61,3	45,1	280,4	165,4	115,1	
10	61,3	47,3	107,2	41,3	58,8	31,4	61,3	47,1	288,5	167,2	121,3	
11	61,3	46,6	109,0	38,2	52,2	31,4	61,3	37,1	283,7	153,3	130,4	
12	61,3	41,4	65,0	34,5	45,0	30,7	61,3	38,0	232,5	144,7	87,8	
<b>Média</b>	<b>61,3</b>	<b>50,5</b>	<b>98,2</b>	<b>38,5</b>	<b>54,8</b>	<b>31,6</b>	<b>61,3</b>	<b>44,6</b>	<b>275,5</b>	<b>165,2</b>	<b>110,2</b>	

Tabela 10 – Rendimento Acumulado (RA) em cada cultura por ponto e Rendimento Absoluto Acumulado (RAA) na seqüência S/S/S/S. Área do Sr. Luiz e Paulo Marquetti. Tio Hugo - RS. 2005-2009.

Pontos	Soja2005/06	Soja2006/07	Soja2007/08	Soja2008/09	RAA (kg ha <sup>-1</sup> )
	RA (kg ha <sup>-1</sup> )				
1	3455,62	2511,31	1902,73	3150,54	11020,20
2	4213,00	3030,24	2272,55	3140,84	12656,63
3	3713,72	2677,61	2942,23	3275,94	12609,50
4	3575,29	3082,89	2219,98	3061,85	11940,01
5	3839,69	2781,04	2475,68	3330,65	12427,06
6	3733,15	2916,36	2557,98	3379,57	12587,06
7	3648,53	2313,93	2000,28	3381,84	11344,58
8	3661,92	2874,87	1888,28	3586,12	12011,19
9	3764,00	2697,08	2125,80	3223,89	11810,77
10	3376,17	2951,22	2245,91	3367,71	11941,01
11	3330,13	2725,20	2240,06	2652,2	10947,59
12	2960,47	2465,67	2195,24	2717,04	10338,42
<b>Média</b>	<b>3605,97</b>	<b>2752,29</b>	<b>2255,56</b>	<b>3189,02</b>	<b>11802,84</b>

Comparando as exportações da cultura nesta área, pode-se observar que a soja foi a única cultura praticada nas quatro safras, e a mesma extraiu em média 41,3 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Figura 12), sendo este um valor semelhante ao encontrado na propriedade analisada anteriormente. Deve-se prestar um cuidado especial a rotação de cultivos, realizando sempre que possíveis variantes na produtividade para evitar assim o monocultivo da soja, a qual exporta em grãos colhidos um 85 % do P extraído do solo (CIAMPITTI; GARCÍA, 2007), podendo causar prejuízos a todo o sistema de produção.

Calcula-se que sejam necessários 165,2 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em média para repor as exportações totais de P, na sequência de culturas (S/S/S/S).

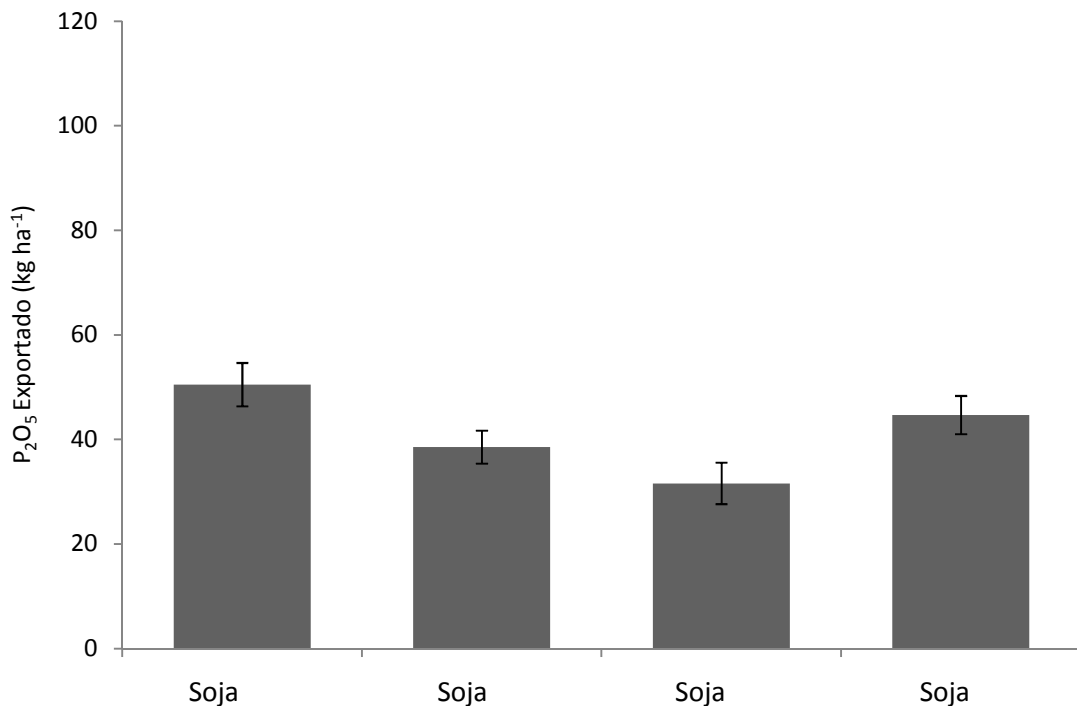


Figura 12 – Quantidade de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> exportado na sequência S/S/S/S. Área do Sr. Luiz e Paulo Marquetti. Tio Hugo - RS. 2005-2009.

Na avaliação do K, assim como no P, observaram-se saldos positivos na totalidade dos pontos avaliados (Tabela 11), os quais proporcionaram um ganho de 171,1 a 569,3 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O, expressos isto em porcentagens entre 40 e 70,5 %.

A média anual da aplicação de K na área foi de  $126 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . Borkert et al. (1997) afirmam que em Latossolos a fertilização de manutenção anual com  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  em um período de cinco anos provoca redução nas reservas do solo, sendo a dose ideal de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  para a soja, ficando assim demonstrado o correto manejo e planejamento da área.

Os fertilizantes utilizados nesta área tiveram, em forma geral, uma média nas aplicações de  $503,8 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , já as exportações tiveram um valor médio de  $236,1 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . Isso demonstra que as adições foram superiores, quando comparadas às extrações, em 53 %.

Tabela 11 – Quantidade de K adicionado ao solo via fertilizantes (Ad), exportação via colheita de grãos (Ex) e saldo (adição - exportação) na sequência S/S/S/S. Área do Sr. Luiz e Paulo Marquetti. Tio Hugo - RS. 2005-2009.

Pontos	Soja 2005/2006		Soja 2006/2007		Soja 2007/2008		Soja 2008/2009		Total	Saldo	
	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex			
	kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O										
1	61,3	69,1	150,0	50,2	70,6	38,1	204,3	63,0	486,1	220,4	265,7
2	61,3	84,3	200,0	60,6	80,2	45,5	204,3	62,8	545,7	253,1	292,6
3	61,3	74,3	119,1	53,6	311,8	58,8	233,0	65,5	725,2	252,2	473,0
4	61,3	71,5	117,0	61,7	82,4	44,4	204,3	61,2	464,9	238,8	226,1
5	61,3	76,8	150,0	55,6	72,0	49,5	204,3	66,6	487,5	248,5	238,9
6	61,3	74,7	83,0	58,3	74,3	51,2	204,3	67,6	422,8	251,7	171,1
7	61,3	73,0	117,0	46,3	58,0	40,0	204,3	67,6	440,5	226,9	213,6
8	61,3	73,2	83,0	57,5	75,2	37,8	204,3	71,7	423,7	240,2	183,5
9	61,3	75,3	83,0	53,9	68,7	42,5	204,3	64,5	417,2	236,2	181,0
10	61,3	67,5	117,0	59,0	329,8	44,9	300,1	67,4	808,1	238,8	569,3
11	61,3	66,6	83,0	54,5	70,6	44,8	204,3	53,0	419,1	219,0	200,1
12	61,3	59,2	83,0	49,3	57,0	43,9	204,3	54,3	405,5	206,8	198,7
<b>Média</b>	<b>61,3</b>	<b>72,1</b>	<b>115,4</b>	<b>55,0</b>	<b>112,5</b>	<b>45,1</b>	<b>214,6</b>	<b>63,8</b>	<b>503,8</b>	<b>236,1</b>	<b>267,8</b>

Os valores de exportação de K não foram constantes nas quatro safras de soja, ocorrendo pequenas variações devido às diferenças encontradas nas produtividades de cada ano. A exportação média máxima que se encontrou foi de 72,1 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e a mínima de 45,1 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, tendo uma média geral de 59 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O das quatro safras (Figura 13). Valor similar aos encontrados por Mascarenhas et al. (1997), os quais afirmam que o K, depois do nitrogênio, é o segundo nutriente mais absorvido em elevadas quantidades pela soja, sendo que, para cada 1000 kg de sementes produzidas são extraídos 20 kg do nutriente.

Estima-se que sejam necessários de 236,1 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, em média, para repor as exportações totais de K, na sequência de quatro cultivos consecutivos de soja (S/S/S/S). Devido ao notório predomínio da soja nos sistema de produção agrícola nestas regiões, deve-se prever a fertilização adequada dos cultivos, para evitar possíveis desequilíbrios no solo por esgotamento do nutriente (NOVAIS, 1999; AMADO et al., 2007).

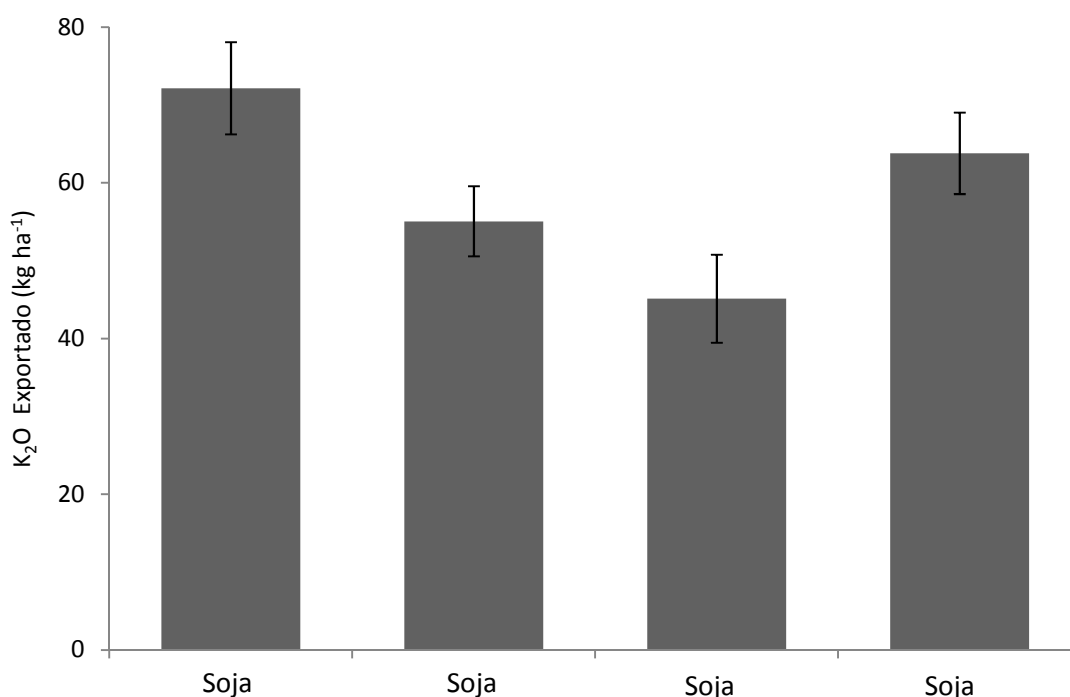


Figura 13 – Quantidade de K<sub>2</sub>O exportado na sequência S/S/S/S. Área do Luiz e Paulo Marquetti. Tio Hugo - RS. 2005-2009.

### 6.3.2 Evolução temporal dos teores de P no solo.

No ano de 2005, os valores dos teores no solo mínimo, médio e máximo foram de 18,5; 23,1 e 28 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente (Anexo B). Nesta área de 12 ha, todos os pontos já se encontravam dentro da faixa ideal no início do estudo (Figura 14), o que levou a diminuir as aplicações de fertilizantes fosfatados ao longo dos anos em estudo, fornecendo ao solo as necessidades básicas para obter bons rendimentos. Já em 2009, após a colheita de grãos e no final das avaliações, os valores obtidos no solo foram de 22,4 mg dm<sup>-3</sup> como mínimo, um máximo de 34,9 mg dm<sup>-3</sup> e com uma média dos valores de 30,2 mg dm<sup>-3</sup>. Observa-se que os níveis de P no solo continuaram aumentando, passando em alguns pontos da faixa ideal para a faixa de alta.

Com este estudo se evidencia que a adubação sem o acompanhamento da fertilidade do solo, por meio de análises mais periódicas, pode aumentar a disponibilidade de P encontrado no solo acima dos valores críticos. Contudo, essa prática tem como consequência a redução da lucratividade da lavoura pelo maior gasto causado pelo uso de fertilizantes.

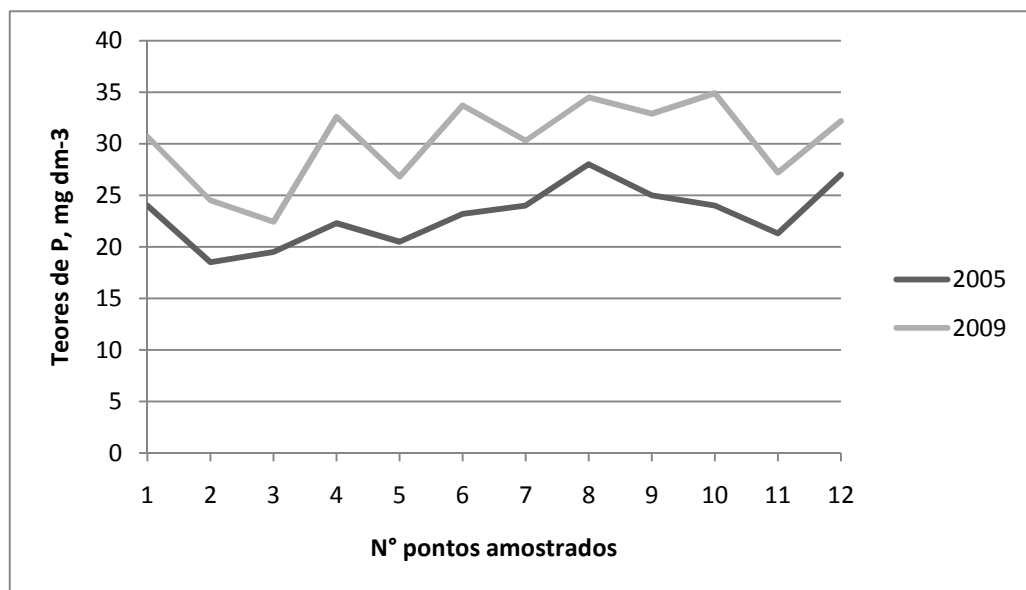


Figura 14 – Evolução dos teores de P no solo em cada ponto e ano. Área do Sr. Luiz e Paulo Marquetti. Tio Hugo - RS. 2005-2009.

Ao observar a relação dos teores de P no solo com a diferença entre adição - exportação, obteve-se um só tipo de comportamento, o qual foi esperado (Figura 15), já que houve um aumento nos teores do solo na medida em que as aplicações eram maiores que as exportações. Constatou-se que a evolução foi relativamente baixa independentemente a que os saldos tenham aumento, isto pode ser atribuído a que os teores de P no início do estudo já se encontravam em níveis acima do ideal. Mesmo assim houve uma resposta significativa ao serem relacionados a evolução com o saldo.

Segundo Conte et al. (2003), quando são adicionadas quantidades de P no solo em forma proporcional, acaba-se originando aumento do P-sólido, bem como do P da solução do solo. Este aumento depende das quantias de P que são adicionadas ao sistema, chegando a um tope, máximo da capacidade de adsorção, que varia para cada tipo de solo.

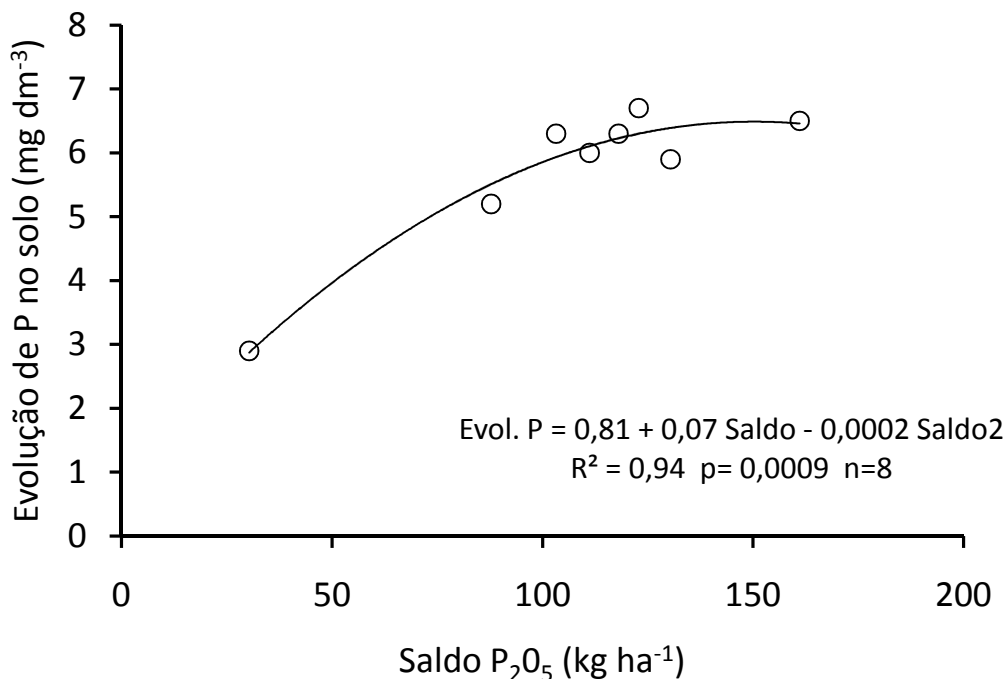


Figura 15 – Evolução comportamental dos teores de P no solo relacionados com o saldo (adição - exportação) de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Área do Sr. Luiz e Paulo Marquetti. Tio Hugo - RS. 2005-2009.



### 6.3.3 Evolução temporal dos teores de K no solo

Os resultados obtidos no ano de 2005 demonstraram que 25% dos pontos encontravam-se abaixo do nível ideal, e o restante dos pontos nas faixas ideal e alta, tendo no solo um valor mínimo de  $100 \text{ mg dm}^{-3}$ , máximo de  $268 \text{ mg dm}^{-3}$  e valores médios entorno de  $185 \text{ mg dm}^{-3}$ . No intuito de elevar todos os teores para a faixa ideal, foram realizadas fertilizações potássicas e a resposta foi maior do que a esperada. Em 2009, o panorama mudou por completo, pois todos os pontos situaram-se acima da faixa ideal, concentrando-se os pontos nas faixas alta (75%) e muito alta (25%), com valores no solo mínimo, médio e máximo de 222, 285 e  $357 \text{ mg dm}^{-3}$ , respectivamente (Figura 16).

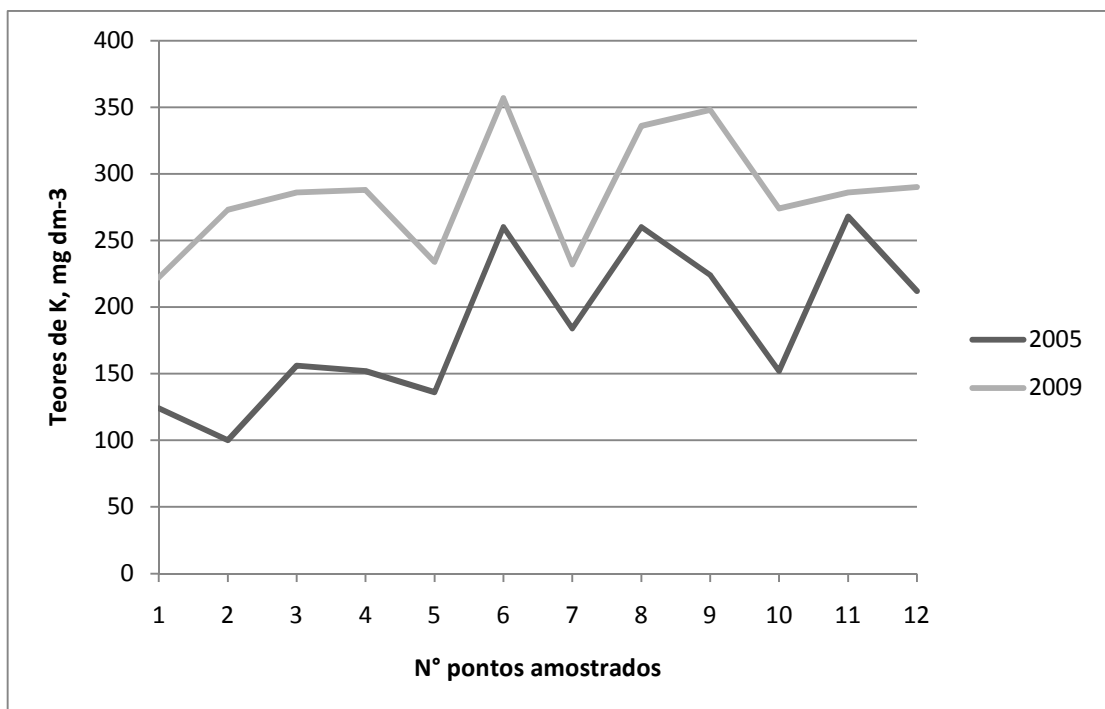


Figura 16 – Evolução dos teores de K no solo em cada ponto e ano. Área do Sr. Luiz e Paulo Marquetti. Tio Hugo - RS. 2005-2009.

Assim como no P, os teores de K no solo tiveram um comportamento lógico e similar. Os valores no solo aumentaram em todos os tratamentos já que o saldo (adição – exportação) foi positivo em todos os pontos analisados (Figura 17). Houve

uma relação expressiva entre os saldos e a evolução do K no solo, onde a evolução respondeu significativamente aos saldos positivos. Os aumentos foram notórios assim como os saldos, já que estes foram muito altos.

Os valores iniciais de K no solo já se encontravam na sua maioria (75 % dos pontos) bastante acima do valor crítico estipulado pela Comissão do Projeto e, mesmo assim, receberam fertilizações potássicas. Como medida futura poderia se incentivar a utilização de adubos verdes que possuam um grande poder de ciclagem do nutriente no solo. Em um estudo de plantas de cobertura consorciadas e solteiras, Giacomini (2001) encontrou que o K foi o nutriente mais rapidamente liberado dos resíduos culturais. O nabo forrageiro é classificado por Wietholter (2003), como de elevada capacidade de ciclagem de N e K. O conhecimento deste tipo de características pode servir de estratégias válidas para economizar nas fertilizações sem que afete a produtividade das culturas.

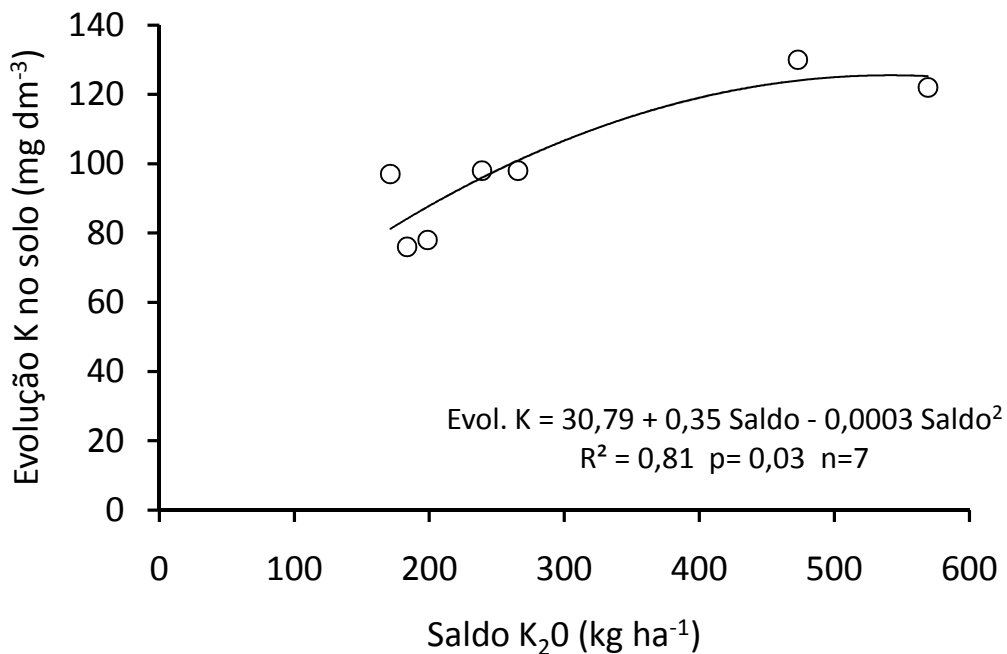


Figura 17 – Evolução comportamental dos teores de K do solo correlacionados com o saldo (adição – exportação) de K<sub>2</sub>O. Área do Sr. Luiz e Paulo Marquetti. Tio Hugo - RS. 2005-2009.

#### 6.3.4 Capacidade Tampão de P e K do solo

Foram calculadas as quantidades necessárias de  $P_2O_5$  para elevar  $1 \text{ mg dm}^{-3}$  de P no solo, assim como também as quantidades de  $K_2O$  (Tabela 12).

Para o P, o valor médio necessário para elevar  $1 \text{ mg dm}^{-3}$  de P no solo foi de  $17,7 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ . Em solos com grande histórico de uso e altamente produtivos do Paraguai, Cubilla (2005) determinou que fossem necessários  $18,5 \text{ kg}$  de  $P_2O_5$  para elevar  $1 \text{ mg dm}^{-3}$  no solo. Em solos com um histórico de 29 anos de fertilizações, Cope (1981) encontrou que doses de fertilização de  $20$  a  $24 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$  são necessárias para incrementar em  $1 \text{ mg dm}^{-3}$  de P em Alabama nos Estados Unidos. Também Mallarino (1996) em um estudo de 11 anos de duração, observou que doses de  $22 \text{ kg ha}^{-1}$  de P provocaram um incremento de  $1 \text{ mg dm}^{-3}$  de P no solo. Em Minnesota, Randall et al. (1997) demonstraram que o incremento de P no solo variou com a doses de fertilização anual utilizada, requerendo-se entre  $20$  a  $25 \text{ kg ha}^{-1}$  de P por  $1 \text{ mg dm}^{-3}$ , dependendo da textura do solo. Observa-se que este valor foi mais elevado ao ser comparado com o da área anterior, esta diferença pode ser explicada pelos altos teores de P no solo com que já contavam esta área.

No K o valor médio necessário na área para elevar  $1 \text{ mg dm}^{-3}$  de K no solo foi de  $3,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$ . Dado similar ao encontrado por Fatecha (2010) no Departamento de Itapúa (região Sul do Paraguai), com valores médios de  $3,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  e de  $2,2 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $K_2O$  em Alto Paraná.

Tabela 12 – Quantidade de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  ( $kg\ ha^{-1}$ ) necessários para elevar o teor de P e K em  $1\ mg\ dm^{-3}$  no solo. Área do Sr. Luiz e Paulo Marquetti. Tio Hugo - RS. 2005-2009.

$P_2O_5$ ( $kg\ ha^{-1}$ )		
Nível do solo	Nº de pontos	
Ideal	7	18,47
Alto	1	16,88
Média da área	8	17,7
$(K_2O\ Kg\ ha^{-1})$		
Nível do solo	Nº de pontos	
Médio	2	2,57
Ideal	2	4,15
Alto	3	2,24
Média da área	7	3,0

## 6.4 Área do Sr. Nei César Mânica

### 6.4.1 Saldo da adição - exportação de P e K no ensaio.

No estudo do P, numa rotação de culturas S/S/M/S, os saldos se apresentaram positivos em todos os pontos em que os valores acumulados variaram de 81 a  $217,6\ kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$  (Tabela 13), já que as adubações foram sempre maiores do que as exportações. O mesmo fato aconteceu no estudo do P às duas propriedades anteriormente citadas, as exportações foram calculadas e descontadas das produtividades obtidas (Tabela 14).

As fertilizações de P foram superiores às exportações do nutriente do sistema solo, entre um 27,5% e 48%. O conhecimento da capacidade residual das aplicações de P permite realizar um manejo mais eficiente na fertilização, fundamentalmente nas situações em que as recomendações propõem a manutenção dos conteúdos dos mesmos no solo, levando a um grau considerado adequado para a produção das culturas (MALLARINO; BORGES, 2006).

A adição média em toda a área de fertilizantes foi de 343,2 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, e a exportação média de 217,9 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, sendo a adição do nutriente maior que a exportação em um 36,5 %. Assim também Blake et al. (2000) observaram extrações médias de 34 a 56% do P aplicado, dependendo dos valores iniciais de P e das condições dos locais.

Tabela 13 – Quantidade de P adicionado ao solo via fertilizantes (Ad), exportação via colheita de grãos (Ex) e saldo (adição - exportação) na sequência S/S/M/S. Área do Sr. Nei César Mânica. Não-Me-Toque - RS. 2005-2009.

Pontos	Soja 2005/2006		Soja 2006/2007		Milho 2007/2008		Soja 2008/2009		Total		Saldo 2005-2009
	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex	
	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>										
1	65,0	42,4	92,6	39,2	193,0	91,0	57,5	38,0	408,1	210,6	197,6
2	65,0	44,6	74,9	49,5	134,7	102,5	57,5	43,3	332,1	239,9	92,2
3	109,0	37,0	56,5	44,8	137,0	84,3	57,5	36,9	360,0	203,0	157,0
4	65,0	40,5	65,9	46,4	133,2	93,9	57,5	37,4	321,6	218,2	103,4
5	65,0	43,5	78,6	49,8	148,9	82,6	57,5	39,3	350,0	215,2	134,8
6	65,0	45,6	74,3	45,2	157,3	100,4	57,5	43,2	354,0	234,4	119,6
7	65,0	37,9	65,0	48,7	160,7	108,2	57,5	45,1	348,2	239,9	108,3
8	65,0	38,4	65,5	47,0	132,1	93,9	57,5	36,5	320,0	215,8	104,2
9	65,0	41,8	93,1	54,5	237,7	97,4	57,5	42,0	453,3	235,7	217,6
10	43,1	40,3	87,4	46,3	186,6	97,7	57,5	43,9	374,6	228,2	146,4
11	65,0	46,5	78,8	43,0	150,2	89,0	57,5	47,2	351,5	225,7	125,7
12	65,0	43,1	68,3	45,3	162,4	100,3	57,5	44,8	353,2	233,5	119,7
13	65,0	48,4	87,0	41,6	137,6	93,9	57,5	43,2	347,1	227,2	119,9
14	35,1	40,6	67,0	47,6	135,5	88,6	57,5	37,2	295,1	214,0	81,0
15	65,0	44,3	73,0	43,8	116,5	86,6	57,5	41,0	312,1	215,7	96,4
16	53,4	43,9	71,4	38,2	119,9	80,4	57,5	34,9	302,1	197,5	104,7
17	65,0	45,6	80,4	37,4	135,0	87,3	57,5	42,4	337,9	212,7	125,2
18	65,0	48,5	86,6	35,8	132,7	72,8	57,5	38,0	341,7	195,0	146,7
19	49,0	48,5	87,0	33,8	148,9	78,8	57,5	39,4	342,4	200,5	141,9
20	65,0	48,8	86,2	41,4	140,6	92,0	57,5	42,3	349,3	224,4	124,9
21	65,0	35,8	65,0	58,4	165,9	89,0	57,5	41,4	353,4	224,6	128,8
22	65,0	51,0	87,0	32,0	153,6	92,4	57,5	48,0	363,1	223,5	139,6
23	65,0	49,4	84,0	44,6	121,0	73,3	57,5	41,3	327,6	208,6	119,0
24	65,0	46,7	78,3	45,4	149,9	80,8	57,5	46,0	350,6	218,8	131,8
25	65,0	45,5	86,6	40,1	119,6	98,6	57,5	50,1	328,7	234,3	94,4
26	40,0	44,7	75,8	53,7	174,5	100,0	57,5	48,3	347,8	246,7	101,1
27	65,0	39,9	67,2	36,9	120,2	77,4	57,5	39,8	309,9	194,1	115,8
28	65,0	49,3	81,3	39,7	127,1	71,0	57,5	43,0	330,8	203,0	127,9
29	65,0	47,2	85,4	41,4	119,7	96,4	57,5	47,7	327,6	232,7	94,9
30	65,0	47,2	84,9	50,9	160,9	110,1	57,5	50,2	368,4	258,4	110,0

Pontos	Soja 2005/2006		Soja 2006/2007		Milho 2007/2008		Soja 2008/2009		Total		Saldo 2005-2009
	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex	
	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>										
31	65.0	47.2	76.8	44.2	131.1	105.1	57.5	47.5	330.4	244.0	86.4
32	65.0	37.1	65.4	47.7	138.8	55.8	57.5	34.8	326.7	175.5	151.2
33	33.9	43.4	72.8	62.0	169.7	69.0	57.5	43.5	333.9	217.9	115.9
34	80.1	39.1	65.0	32.5	151.9	99.9	57.5	45.0	354.5	216.4	138.1
35	65.0	40.7	65.0	55.0	165.0	90.1	57.5	41.8	352.5	227.6	124.9
36	33.0	38.8	65.4	55.6	150.0	71.8	57.5	39.3	305.9	205.6	100.3
37	65.0	33.3	81.9	44.6	165.4	52.0	57.5	35.1	369.9	164.9	205.0
38	65.0	37.1	65.0	48.4	116.7	69.6	57.5	39.9	304.2	195.0	109.1
<b>Média</b>	<b>62.1</b>	<b>43.2</b>	<b>76.1</b>	<b>45.1</b>	<b>147.4</b>	<b>87.5</b>	<b>57.5</b>	<b>42.1</b>	<b>343.2</b>	<b>217.9</b>	<b>125.3</b>

Tabela 14 – Rendimento Acumulado (RA) em cada cultura por ponto e Rendimento Absoluto Acumulado (RAA) na sequência S/S/M/S. Área do Sr. Nei César Mânica. Não-Me-Toque - RS. 2005-2009.

Pontos	Soja2005/06	Soja2006/07	Milho2007/08	Soja2008/09	RAA (kg ha <sup>-1</sup> )
	RA (kg ha <sup>-1</sup> )				
1	3031,85	2801,24	11369,07	2711,67	19913,83
2	3185,30	3539,05	12813,59	3089,84	22627,78
3	2645,11	3199,31	10534,00	2634,05	19012,47
4	2891,94	3316,36	11742,38	2668,71	20619,39
5	3107,14	3560,14	10322,21	2806,69	19796,18
6	3257,89	3231,00	12545,03	3088,17	22122,09
7	2704,32	3481,00	13520,30	3223,81	22929,43
8	2744,79	3357,78	11734,80	2605,49	20442,86
9	2984,09	3896,00	12178,12	2999,35	22057,56
10	2876,44	3309,12	12212,39	3135,77	21533,72
11	3323,74	3068,40	11123,98	3374,57	20890,69
12	3077,30	3238,75	12531,97	3202,48	22050,50
13	3457,38	2971,38	11742,82	3088,19	21259,77
14	2902,78	3400,25	11072,98	2657,97	20033,98
15	3162,11	3127,90	10825,45	2929,02	20044,48
16	3135,32	2728,93	10054,31	2495,47	18414,03
17	3257,69	2668,79	10913,14	3027,70	19867,32
18	3462,39	2559,31	9096,09	2711,84	17829,63
19	3460,91	2415,85	9853,36	2817,45	18547,57
20	3482,59	2955,83	11493,91	3021,94	20954,27
21	2556,46	4170,79	11128,29	2958,43	20813,97
22	3643,72	2288,73	11547,22	3431,13	20910,80
23	3525,21	3188,11	9163,62	2948,89	18825,83
24	3335,10	3240,00	10100,80	3283,60	19959,50
25	3253,24	2863,71	12320,40	3578,55	22015,90
26	3189,58	3834,00	12505,94	3452,29	22981,81
27	2850,07	2637,40	9679,23	2843,26	18009,96
28	3524,07	2837,94	8869,05	3068,77	18299,83
29	3373,00	2956,57	12045,08	3407,93	21782,58
30	3369,41	3633,33	13763,65	3588,76	24355,15
31	3371,44	3156,20	13134,15	3394,98	23056,77



Pontos	Soja2005/06	Soja2006/07	Milho2007/08	Soja2008/09	RAA (kg ha <sup>-1</sup> )
	----- RA (kg ha <sup>-1</sup> ) -----				
32	2648,65	3409,23	6978,43	2488,60	15524,91
33	3097,21	4428,88	8630,52	3109,91	19266,52
34	2792,09	2321,50	12481,52	3212,34	20807,45
35	2907,28	3926,71	11263,00	2989,14	21086,13
36	2774,00	3970,76	8978,27	2809,70	18532,73
37	2375,37	3184,50	6495,04	2505,95	14560,86
38	2646,69	3459,60	8705,42	2851,00	17662,71
<b>Média</b>	<b>3089,04</b>	<b>3219,33</b>	<b>10933,41</b>	<b>3005,62</b>	<b>20247,39</b>

Analisando a exportação do nutriente nesta área, e que teve uma sequência de produção de S/S/M/S, comprovou-se que o milho foi a cultura que extraiu maiores quantidades de P, com  $87,5 \text{ kg ha}^{-1}$  e a soja extraiu em média das três safras  $43,5 \text{ kg ha}^{-1}$  (Figura 18), sendo a metade da quantidade exportada pelo milho. Estes valores foram iguais aos achados na área do Luciano de Mattos com uma sequência de produção S/M/S/S, em que se obtiveram os mesmos resultados para ambas as culturas, não havendo grandes variações nas extrações de ano para ano na soja ao longo das três safras.

Nesta sequência foi preciso de  $217,9 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  em média, para suprir as exportações causadas na produção de grãos ao longo do período avaliado.

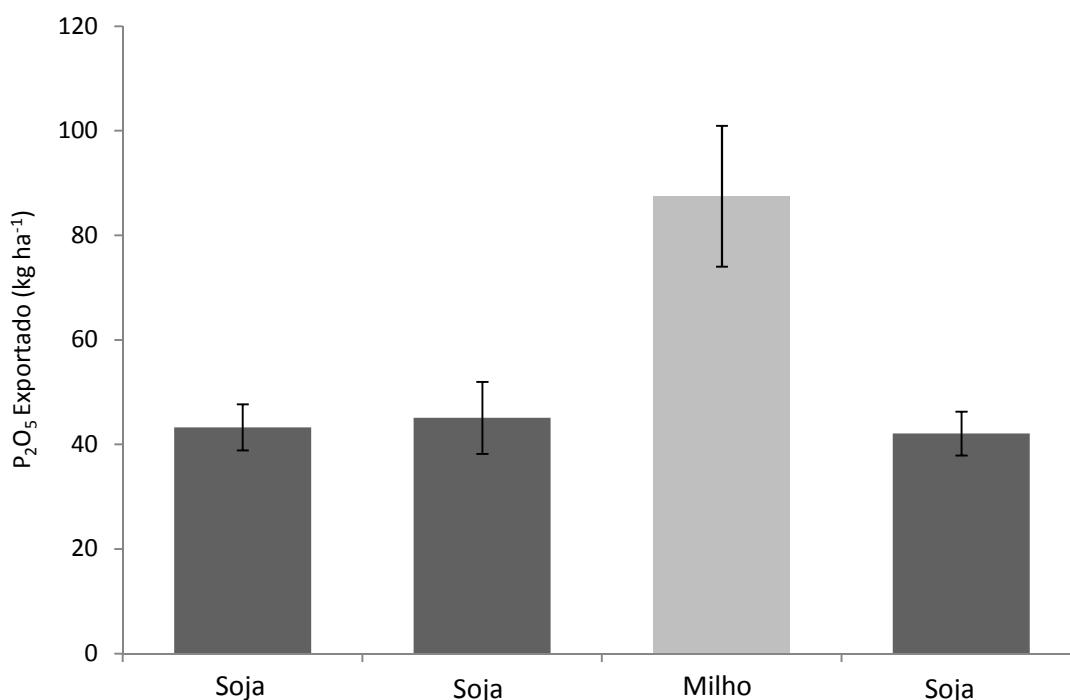


Figura 18 – Quantidade de  $\text{P}_2\text{O}_5$  exportado na sequência S/S/M/S. Área do Sr. Nei César Mânica. Não-Me-Toque - RS. 2005-2009.

No estudo do K, nos saldos absolutos (adição – exportação) da área pode-se observar que os valores foram positivos na totalidade dos pontos (Tabela 15), com ganhos que variaram de  $58,5$  a  $230,3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ , cujas porcentagens de aumento em relação às exportações foram de 19 e 53,5 %.

No local, as fertilizações foram realizadas em taxas variadas para cada ponto. Analisando-as de forma média, a área registrou uma adição média geral de 388,2 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O ao sistema solo e uma exportação de 251,9 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Fazendo uma comparação entre as adições e exportações, pode-se dizer que as adições de K foram 35 % superiores as exportações.

Tabela 15 – Quantidade de K adicionado ao solo via fertilizantes (Ad), exportação via colheita de grãos (Ex) e saldo (adição - exportação) na sequência S/S/M/S. Área do Sr. Nei César Mânica. Não-Me-Toque - RS. 2005-2009.

Pontos	Soja 2005/2006		Soja 2006/2007		Milho 2007/2008		Soja 2008/2009		Total		Saldo 2005-2009
	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex	
	kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O										
1	200,0	60,6	83,0	56,0	103,0	68,2	57,5	54,2	443,5	239,1	204,4
2	150,0	63,7	83,0	70,8	95,8	76,9	57,5	61,8	386,3	273,2	113,1
3	200,0	52,9	83,0	64,0	73,2	63,2	57,5	52,7	413,7	232,8	180,9
4	116,0	57,8	83,0	66,3	76,9	70,5	57,5	53,4	333,4	248,0	85,4
5	116,0	62,1	83,0	71,2	106,0	61,9	57,5	56,1	362,5	251,4	111,1
6	116,0	65,2	83,0	64,6	111,8	75,3	57,5	61,8	368,3	266,8	101,5
7	116,0	54,1	100,0	69,6	114,2	81,1	57,5	64,5	387,7	269,3	118,4
8	141,8	54,9	100,7	67,2	94,0	70,4	57,5	52,1	393,9	244,6	149,3
9	116,0	59,7	109,2	77,9	126,7	73,1	57,5	60,0	409,4	270,7	138,7
10	110,3	57,5	100,7	66,2	99,6	73,3	57,5	62,7	368,1	259,7	108,4
11	127,9	66,5	120,7	61,4	106,9	66,7	57,5	67,5	413,0	262,1	150,9
12	185,7	61,5	104,9	64,8	115,6	75,2	57,5	64,0	463,7	265,6	198,1
13	137,7	69,1	83,0	59,4	97,9	70,5	57,5	61,8	376,1	260,8	115,3
14	86,3	58,1	83,0	68,0	96,4	66,4	57,5	53,2	323,2	245,7	77,5
15	150,0	63,2	83,0	62,6	63,6	65,0	57,5	58,6	354,1	249,3	104,7
16	116,0	62,7	109,6	54,6	85,1	60,3	57,5	49,9	368,2	227,5	140,7
17	116,0	65,2	123,0	53,4	96,0	65,5	57,5	60,6	392,5	244,6	148,0
18	150,0	69,2	132,4	51,2	94,5	54,6	57,5	54,2	434,3	229,2	205,1
19	105,9	69,2	133,0	48,3	105,9	59,1	57,5	56,3	402,4	233,0	169,4
20	116,0	69,7	131,8	59,1	100,1	69,0	57,5	60,4	405,4	258,2	147,2
21	147,0	51,1	83,0	83,4	118,0	66,8	57,5	59,2	405,5	260,5	145,0
22	116,0	72,9	83,0	45,8	109,2	69,3	57,5	68,6	365,7	256,6	109,1
23	116,0	70,5	128,6	63,8	86,2	55,0	57,5	59,0	388,3	248,2	140,1
24	116,0	66,7	119,9	64,8	106,5	60,6	57,5	65,7	399,9	257,8	142,1
25	116,0	65,1	132,4	57,3	85,1	73,9	57,5	71,6	391,0	267,8	123,1
26	109,8	63,8	83,0	76,7	124,1	75,0	57,5	69,0	374,4	284,6	89,8
27	116,0	57,0	83,0	52,7	85,3	58,1	57,5	56,9	341,8	224,7	117,2
28	116,0	70,5	124,4	56,8	90,4	53,2	57,5	61,4	388,3	241,8	146,5
29	116,0	67,5	130,6	59,1	85,1	72,3	57,5	68,2	389,2	267,0	122,2

Pontos	Soja 2005/2006		Soja 2006/2007		Milho 2007/2008		Soja 2008/2009		Total		Saldo 2005-2009
	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex	
	kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O										
30	150,0	67,4	129,9	72,7	114,5	82,6	57,5	71,8	451,9	294,4	157,5
31	147,1	67,4	117,7	63,1	93,3	78,8	57,5	67,9	415,6	277,3	138,3
32	116,0	53,0	101,0	68,2	98,7	41,9	57,5	49,8	373,2	212,8	160,4
33	85,9	61,9	83,0	88,6	120,6	51,8	57,5	62,2	347,0	264,5	82,5
34	200,0	55,8	83,0	46,4	108,0	74,9	57,5	64,2	448,5	241,4	207,1
35	116,0	58,1	83,0	78,5	117,5	67,6	57,5	59,8	374,0	264,0	110,0
36	83,0	55,5	83,0	79,4	79,9	53,9	57,5	56,2	303,4	245,0	58,50
37	188,6	47,5	96,4	63,7	88,1	39,0	57,5	50,1	430,6	200,3	230,3
38	150,0	52,9	83,0	69,2	74,6	52,2	57,5	57,0	365,1	231,4	133,70
Média	<b>131,0</b>	<b>61,8</b>	<b>101,1</b>	<b>64,4</b>	<b>98,6</b>	<b>65,6</b>	<b>57,5</b>	<b>60,1</b>	<b>388,2</b>	<b>251,9</b>	<b>136,4</b>

No solo, os valores de extrações de K se mantiveram praticamente estáveis nas quatro safras, sendo um pouco maior no milho com  $65,6 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , já na soja, o valor médio das três safras foi de  $62,1 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  (Figura 19). Borkert et al. (1997) afirmam que em Latossolos Roxos de alta fertilidade e com alta disponibilidade de K, os mesmos não podem ser semeados por mais de dois anos com soja sem aplicação de K, pois isto limitaria sua produtividade.

Nesta sequência de produção (S/S/M/S), percebeu-se que foram necessários  $251,9 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , em média, para repor as exportações totais de K. Valor igual ao encontrado na área do produtor Luciano de Mattos, que contou com três cultivos de soja e um cultivo de milho, porém com uma sequência diferente (S/M/S/S).

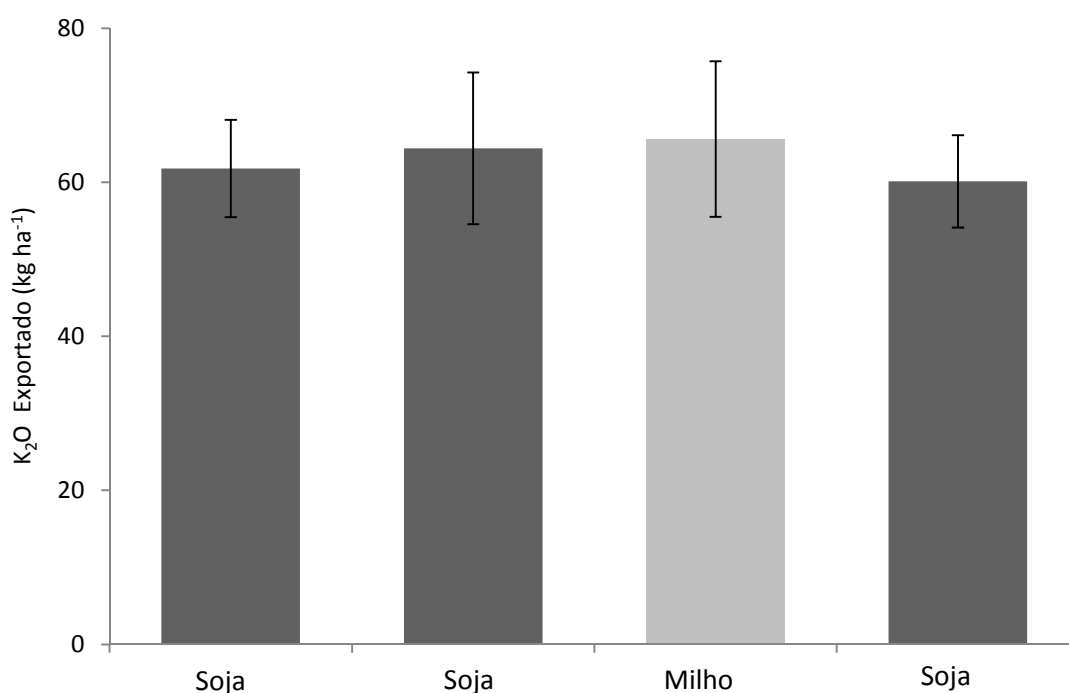


Figura 19 – Quantidade de  $\text{K}_2\text{O}$  exportado na sequência S/S/M/S. Área do Sr. Nei César Mânica. Não-Me-Toque - RS. 2005-2009.

O balanço nutricional do P e K nesta área foi positivo ao longo dos anos em estudo, ou seja, as adubações realizadas nas áreas foram eficientes em atender à demanda das culturas.

#### 6.4.2 Evolução temporal dos teores de P no solo.

Os teores de P nos pontos amostrados em 2005 foram em média de 40,5 mg dm<sup>-3</sup>, sendo que os valores mínimo e máximo variaram de 16 a 70 mg dm<sup>-3</sup> (Anexo C) observado-se assim que praticamente a totalidade dos pontos da área já se encontrava acima da faixa ideal, situando-se nas faixas altas e muito altas. O mesmo comportamento foi demonstrado em 2009, sendo que os pontos se encontraram distribuídos nas faixas altas e muito altas, com valores entre 28,6 e 79,8 mg dm<sup>-3</sup>, com uma média de 45,39 mg dm<sup>-3</sup> (Figura 20).

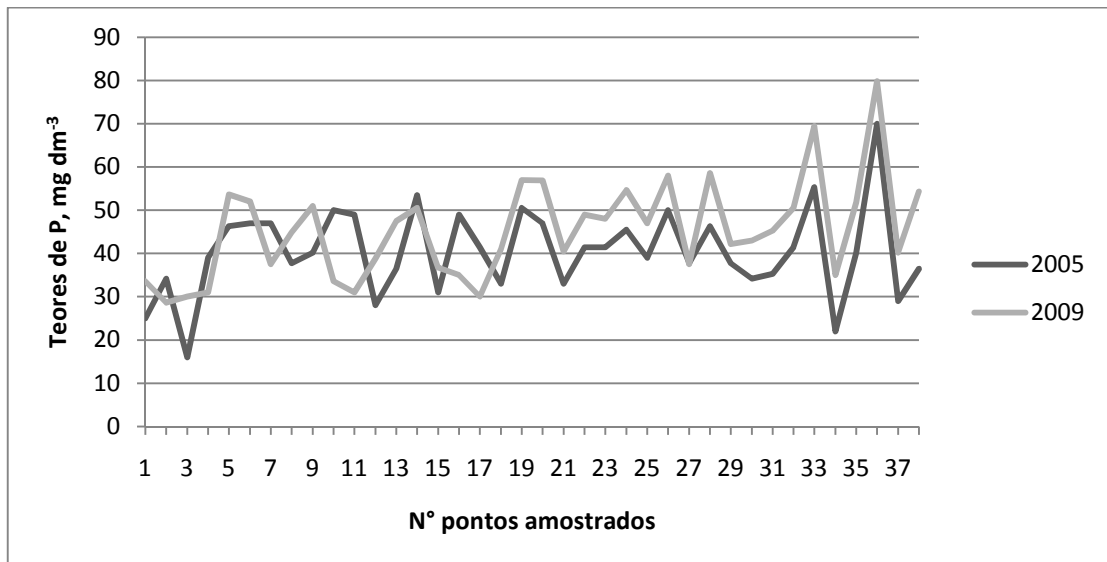


Figura 20 – Evolução dos teores de P no solo em cada ponto e ano. Área do Sr. Nei César Mânica. Não-Me-Toque - RS. 2005-2009.

Relacionando as adições de fertilizantes fosfatados com as exportações de P pelas colheitas, foram observadas duas situações bem diferentes no solo. Das quais, em uma oportunidade se teve um comportamento esperado e em outra um comportamento inesperado.

De forma esperada, os teores no solo aumentaram quando o saldo (adição – exportação) foi positivo (Figura 21), ocorrendo isto em 76,5% dos pontos da área. A correlação entre a evolução e o saldo não teve uma resposta significativa.

Segundo Schlindwein (2003) aplicações de altas doses de P, maiores que as preconizadas pela Comissão... (2004), podem causar um aumento mais rápido dos teores do nutriente no solo e do rendimento das culturas. O fertilizante fosfatado no solo se difunde lentamente desde o grânulo e, caso não seja absorvido pelas raízes das plantas, é contido pelas partículas do solo ou precipitado de forma que sua disponibilidade vá se reduzindo com o passar do tempo (TIESSEN, 2003).

Já de forma inesperada, em 23,5% da área os teores de P no solo diminuíram quando as aplicações foram maiores que as exportações. Este evento já tinha acontecido em uma área anteriormente discutida, em que se explicaram as possíveis causas que levaram à ocorrência deste imprevisto.

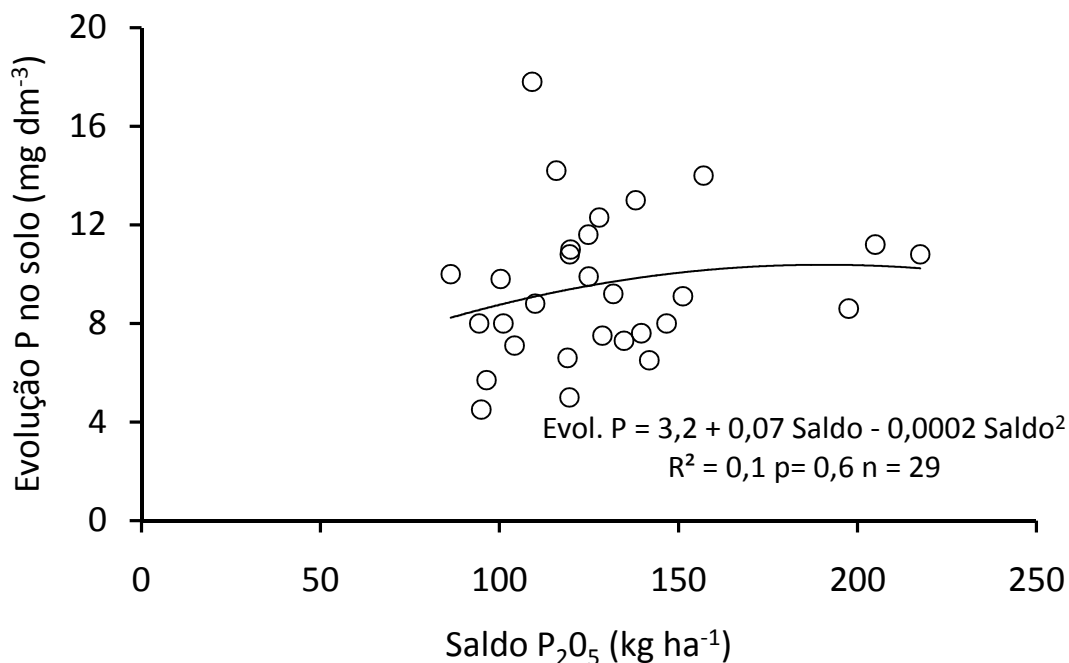


Figura 21 – Evolução comportamental dos teores de P do solo correlacionados com o saldo (adição – exportação) de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Área do Sr. Nei César Mânica. Não-Me-Toque - RS. 2005-2009.



#### 6.4.3 Evolução temporal dos teores de K no solo.

No ano de 2005, os valores mínimo, médio e máximo de K no solo foram de 63, 162 e 280  $\text{mg dm}^{-3}$ , respectivamente, em que 34% dos pontos estavam abaixo da faixa ideal (Figura 22). Em 2009, os valores obtidos nas análises variaram de 151 a 238  $\text{mg dm}^{-3}$  e 182  $\text{mg dm}^{-3}$  em média. Ao longo dos anos de pesquisa, foi constatado que no final das avaliações os teores do solo foram 100% corrigidos, situando-se nas faixas ideal e alta. Houve uma notória correção dos teores no solo e uma grande redução da variabilidade.

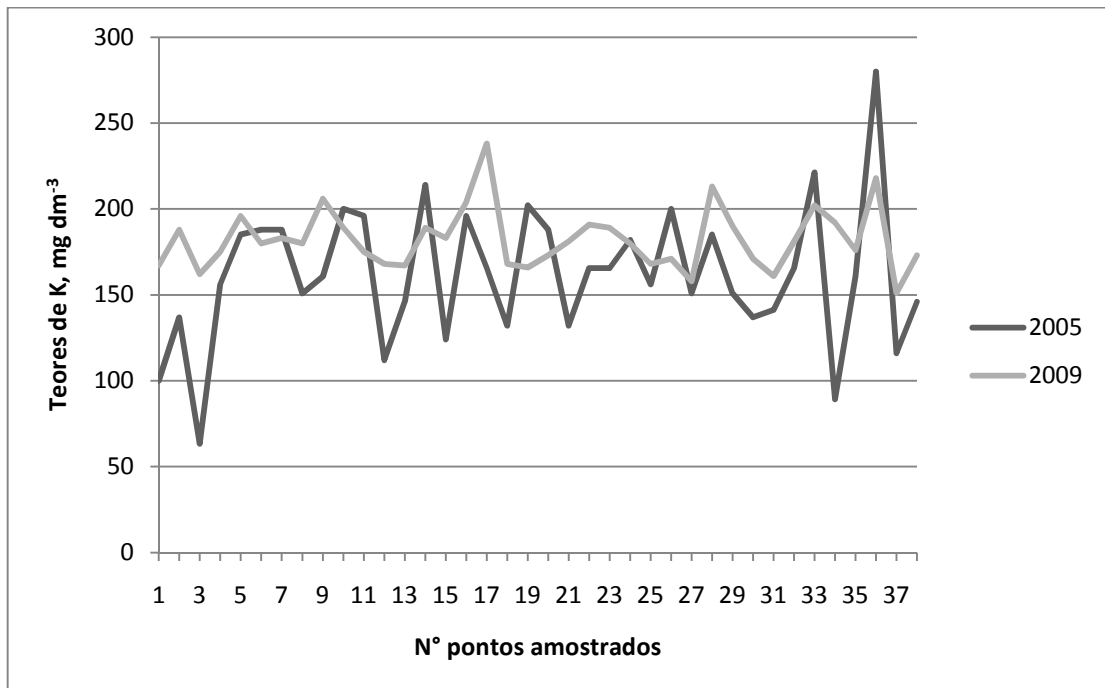


Figura 22 – Evolução dos teores de K no solo em cada ponto e ano. Área do Sr. Nei César Mânica. Não-Me-Toque - RS. 2005-2009.

Neste local, relacionando os dados obtidos de  $\text{K}_2\text{O}$  com as adições e exportações no sistema, observaram-se dois comportamentos distintos, um esperado e outro inesperado, ao igual como aconteceu no P.

Sendo assim, de forma esperada, na medida em que o K adicionado era maior que o exportado, os teores no solo aumentaram. Esta situação ocorreu na

maioria dos pontos da área em estudo, 71% (Figura 23). A evolução dos teores de K foi notória na medida em que os saldos iam em aumento, se conseguiu uma evolução alta com saldos altos, devido a que vários pontos se encontravam abaixo do nível crítico no começo do estudo, os quais responderam satisfatoriamente as aplicações.

Também é importante comentar outros fatores que possivelmente causaram estes ganhos, embora eles não tenham sido dimensionados, por exemplo, o uso de espécies vegetais no inverno, conhecidas como plantas de cobertura, as quais intensificam a oferta de nutrientes nas camadas superficiais do solo (FIORIN, 1999).

De forma inesperada, os teores de K no solo diminuíram onde houve uma adição maior do que a exportação, acontecendo isto num total de 29% da área. Os comportamentos inesperados que se deram em algumas áreas, por mais que tivessem ocorrido em baixas proporções, corroboram na importância de realizar um estudo mais detalhado do sistema solo-planta, já que existem vários fatores que atuam no solo, os quais não foram analisados neste estudo.

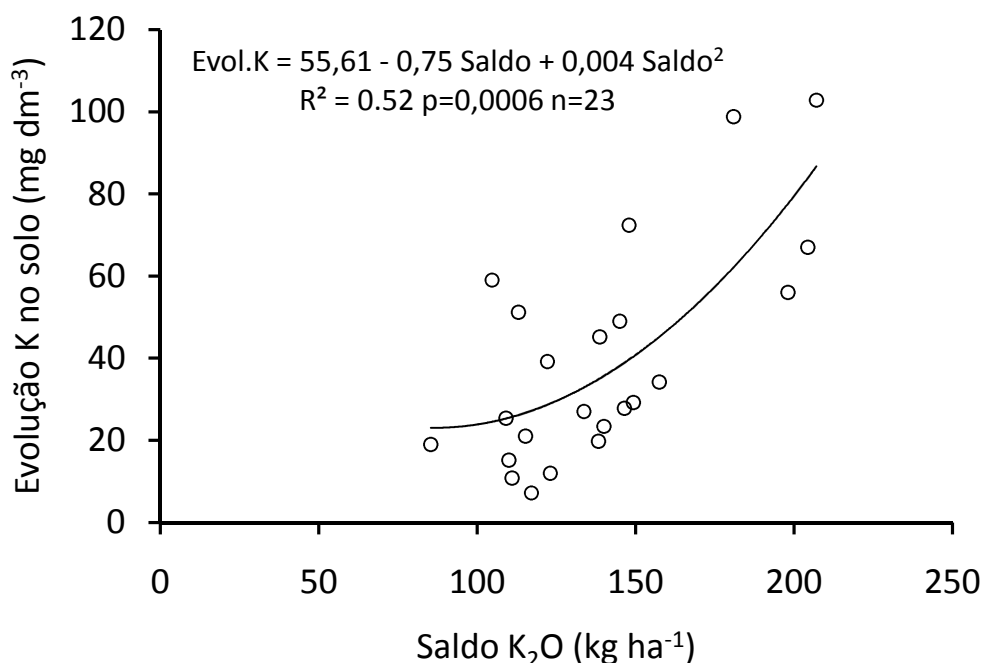


Figura 23 – Evolução comportamental dos teores de K do solo correlacionados com o saldo (adição - exportação) de K<sub>2</sub>O. Área do Sr. Nei César Mânica. Não-Me-Toque - RS. 2005-2009.

Os resultados comprovaram a eficiência do uso das práticas de AP como a aplicação de insumos em taxa variada, uma vez que se alcançou o propósito de elevar os teores de P e K a níveis acima do teor crítico tanto no P como no K. Assim também cabe ressaltar que novos estudos devem ser realizados no sentido de evitar a elevação excessiva dos níveis no solo, com prováveis ocorrências de desequilíbrios nutricionais.

#### 6.4.4 Capacidade Tampão de P e K do solo

O valor médio para elevar  $1 \text{ mg dm}^{-3}$  de P no solo, dentro dos diferentes níveis de fertilidade, foi de  $12,6 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (Tabela 16). Santi (2007) encontrou um valor similar a este, precisando de  $14 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  para elevar em  $1 \text{ mg dm}^{-3}$  de P no solo. Também Fatecha (2010), em solos do Departamento de Misiones no Paraguai, achou um valor médio semelhante a estes, de  $14,9 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Para o K, o valor médio encontrado foi de  $4,4 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  necessário para elevar  $1 \text{ mg dm}^{-3}$  de K no solo, valor semelhante ao deparado por Wendling (2005) com valores que variaram entre 4 e  $6 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ .

Tabela 16 – Quantidade de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) necessários para elevar o teor de P e K em  $1 \text{ mg dm}^{-3}$  no solo. Área do Sr. Nei César Mânica. Não-Me-Toque - RS. 2005-2009.

$\text{P}_2\text{O}_5$ ( $\text{kg ha}^{-1}$ )		
Nível do solo	Nº de pontos	
Médio	1	11,21
Ideal	1	10,62
Alto	24	15,28
Muito Alto	3	13,41
Média da área	29	12,6
$\text{K}_2\text{O}$ ( $\text{kg ha}^{-1}$ )		
Nível do solo	Nº de pontos	
Baixo	4	2,61
Médio	7	4,14
Ideal	12	6,45
Média da área	23	4,4

## 6.5 Área do Sr. Volnei Koeche

### 6.5.1 Saldo da adição - exportação de P e K no ensaio.

No estudo do P, os resultados dos saldos acumulados na rotação S/S/M/S variaram de -74,1 até 157,8 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Tabela 17), apresentando-se balanços positivos na metade da área e na outra metade saldos negativos. As exportações foram estimadas mediante descontos das exportações do nutriente que são extraídos das produtividades de grãos obtidas (Tabela 18). Os valores foram definido pela Comissão... (2004).

As adições via fertilizantes, ao longo do experimento, foram 0,2 a 44% superiores às exportações, em que os saldos eram positivos. Deve-se tomar um cuidado especial onde ocorreram saldos negativos no balanço, isto pode causar futuros prejuízos ao solo. O balanço negativo adquire uma singular importância no caso do P, já que praticamente a fertilização é sua única via de ingresso ao sistema (VÁZQUEZ, 2002).

Calculando, de forma geral, as aplicações de fertilizantes que foram efetuadas nesta área, chegou-se a uma média total de adição de 219,1 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, sendo 6 % superiores ao compará-la com as extrações, que tiveram valores médios de 205,9 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Portanto, pode-se dizer que o balanço foi praticamente neutro, indicando assim que as extrações de P pelas colheitas dos grãos e as reposições pelas frações moderadamente lábeis ou liberadas a partir da fonte adicional de P orgânico foram equivalentes (GATIBONI et al. 2007).

Tabela 17 – Quantidade de P adicionado ao solo via fertilizantes (Ad), exportação via colheita de grãos (Ex) e saldo (adição - exportação) na sequência S/S/M/S. Área do Sr. Volnei Koeche. Vitor Graeff - RS. 2005-2009.

Pontos	Soja 2005/2006		Soja 2006/2007		Milho 2007/2008		Soja 2008/2009		Ad	Ex	Total	Saldo
	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex				
	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>											
1	70,0	46,0	70,0	42,3	78,3	68,4	59,0	53,3	277,2	209,9	67,3	
2	96,1	49,7	96,1	43,6	61,5	79,3	56,7	53,3	310,5	225,9	84,6	
3	69,4	53,9	69,4	44,7	117,3	52,5	104,0	50,9	359,9	202,1	157,8	
4	50,0	51,9	50,0	37,8	74,6	43,4	69,7	42,0	244,3	175,1	69,3	
5	30,0	44,6	30,0	39,8	49,5	80,4	49,0	44,7	158,5	209,6	-51,1	
6	70,0	49,6	70,0	41,1	121,1	68,7	111,7	56,3	372,8	215,7	157,1	
7	50,0	55,7	50,0	41,1	122,0	43,7	106,6	48,7	328,6	189,2	139,4	
8	50,0	48,5	50,0	33,6	55,4	29,8	23,7	38,4	179,2	150,2	28,9	
9	70,0	48,3	70,0	43,0	112,8	57,5	90,9	47,8	343,7	196,6	147,2	
10	50,0	54,6	50,0	44,5	122,4	83,4	113,1	61,2	335,4	243,7	91,7	
11	50,0	48,9	50,0	34,9	81,0	67,1	57,1	48,3	238,1	199,1	39,0	
12	50,0	53,0	50,0	45,3	76,5	70,3	37,6	53,1	214,1	221,6	-7,5	
13	39,7	53,1	39,7	50,0	78,4	52,4	46,6	53,3	204,3	208,8	-4,5	
14	30,0	45,3	30,0	38,7	81,2	47,2	53,4	52,1	194,6	183,2	11,4	
15	50,0	55,9	50,0	43,7	61,3	56,1	42,4	50,0	203,7	205,8	-2,0	
16	64,8	51,1	64,8	44,6	122,2	62,2	92,6	49,5	344,5	207,4	137,1	
17	50,0	55,6	50,0	46,1	80,8	54,0	44,8	50,9	225,5	206,6	19,0	
18	30,0	53,0	30,0	39,3	84,2	49,9	53,9	54,5	198,1	196,7	1,4	
19	30,0	51,6	30,0	47,1	111,0	54,8	83,9	50,7	255,0	204,2	50,7	
20	36,7	53,3	36,7	43,0	63,8	58,2	36,0	56,6	173,1	211,1	-38,0	
21	50,0	53,9	50,0	44,8	73,4	56,0	57,0	46,6	230,4	201,3	29,1	
22	30,0	49,0	30,0	44,1	42,1	57,2	29,0	49,7	131,1	200,1	-69,1	
23	30,0	52,8	30,0	47,4	73,2	64,3	43,2	54,1	176,4	218,6	-42,2	
24	30,0	54,1	30,0	43,2	85,6	55,9	59,0	51,0	204,7	204,3	0,4	
25	50,0	49,7	50,0	48,1	76,2	72,4	49,1	65,4	225,2	235,6	-10,4	

Pontos	Soja 2005/2006		Soja 2006/2007		Milho 2007/2008		Soja 2008/2009		Total		Saldo 2005-2009
	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex	
	kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>										
26	50,0	51,5	50,0	48,0	63,6	66,4	38,3	61,8	201,9	227,7	-25,8
27	44,9	48,5	44,9	46,1	83,0	67,2	60,7	61,5	233,4	223,3	10,1
28	50,0	52,1	50,0	44,9	61,0	63,4	37,4	59,6	198,4	220,0	-21,6
29	50,6	58,6	50,6	48,0	76,1	65,7	46,4	53,2	223,7	225,5	-1,8
30	30,0	51,1	30,0	45,7	68,3	65,3	53,9	53,4	182,2	215,4	-33,2
31	50,0	43,9	50,0	48,9	75,4	72,4	50,7	57,8	226,1	223,0	3,1
32	30,0	51,4	30,0	44,7	77,6	55,7	53,7	49,6	191,3	201,4	-10,1
33	50,0	48,5	50,0	43,3	53,1	69,2	36,1	51,1	189,3	212,1	-22,9
34	50,0	49,2	50,0	52,5	59,4	73,6	38,7	61,3	198,1	236,6	-38,5
35	50,0	49,6	50,0	50,1	75,6	75,3	51,5	51,4	227,1	226,5	0,7
36	30,0	49,2	30,0	46,7	79,3	75,0	43,0	54,8	182,3	225,7	-43,3
37	30,0	51,1	30,0	41,8	52,7	62,4	33,6	50,7	146,2	206,0	-59,8
38	30,0	45,3	30,0	44,4	55,4	52,1	37,8	49,2	153,3	191,0	-37,7
39	30,0	55,1	30,0	48,9	58,3	66,3	32,8	54,9	151,1	225,2	-74,1
40	30,0	54,3	30,0	46,5	80,8	63,9	57,1	48,1	197,8	212,8	-15,0
41	30,0	48,5	30,0	41,7	65,3	48,5	37,2	45,9	162,4	184,5	-22,1
42	50,0	49,0	50,0	48,3	75,2	69,3	45,8	49,3	221,0	215,9	5,1
43	50,0	47,6	50,0	34,9	59,1	67,9	40,4	50,0	199,4	200,4	-1,0
44	50,0	52,3	50,0	45,4	53,5	62,0	31,6	50,2	185,1	209,8	-24,8
45	64,8	47,3	64,8	43,9	59,8	59,0	39,4	46,6	228,9	196,8	32,1
46	31,9	43,9	31,9	29,9	57,4	44,9	32,9	37,7	154,1	156,5	-2,4
47	48,8	42,1	48,8	35,6	54,5	48,8	32,8	44,4	184,8	170,9	13,9
48	50,0	43,6	50,0	34,0	54,2	50,1	38,8	44,1	192,9	171,8	21,1
49	45,3	47,2	45,3	46,7	67,5	55,7	37,6	53,8	195,6	203,3	-7,7
50	30,0	43,1	30,0	44,2	78,6	61,3	59,0	41,8	197,7	190,3	7,4
<b>Média</b>	<b>45,7</b>	<b>50,1</b>	<b>45,7</b>	<b>43,5</b>	<b>75,0</b>	<b>60,9</b>	<b>52,7</b>	<b>51,3</b>	<b>219,1</b>	<b>205,9</b>	<b>13,2</b>

Tabela 18 – Rendimento Acumulado (RA) em cada cultura por ponto e Rendimento Absoluto Acumulado (RAA) na seqüência S/S/M/S. Área do Sr. Volnei Koeche. Vitor Graeff - RS. 2005-2009.

Pontos	Soja2005/06	Soja2006/07	Milho2007/08	Soja2008/09	RAA (kg ha <sup>-1</sup> )
	----- RA (kg ha <sup>-1</sup> ) -----				
1	3283,3	3019,82	8551,84	3804,91	18659,87
2	3549,95	3113,66	9913,14	3807,49	20384,24
3	3851,87	3195,88	6565,41	3636,58	17249,74
4	3704,42	2699,09	5423,58	3001,37	14828,46
5	3189,19	2842,32	10056,06	3190,39	19277,96
6	3540,27	2938,72	8587,18	4023,64	19089,81
7	3975,94	2936,39	5456,42	3481,28	15850,03
8	3460,75	2401,56	3722,37	2740,46	12325,14
9	3449,37	3072,28	7186,1	3413,25	17121,00
10	3903,3	3181,45	10421,78	4368,49	21875,02
11	3490,44	2492,15	8385,67	3450,07	17818,33
12	3786,33	3232,63	8783,11	3791,5	19593,57
13	3790,97	3571,67	6555,57	3806,56	17724,77
14	3234,44	2762,86	5900,92	3719,63	15617,85
15	3991,5	3122,82	7017,01	3573	17704,33
16	3648,07	3187,47	7772,15	3535,9	18143,59
17	3970,09	3293,24	6748,35	3636,05	17647,73
18	3784,38	2809,01	6239,97	3889,67	16723,03
19	3687,81	3364,4	6845,4	3623,97	17521,58
20	3809,23	3068,18	7279,25	4043,24	18199,90
21	3847,73	3198,3	7005,23	3328,1	17379,36
22	3503,06	3153,54	7155,77	3549,86	17362,23
23	3773,71	3386,89	8035,44	3862,42	19058,46
24	3862,29	3087,45	6991,93	3645,37	17587,04
25	3550,99	3435,58	9054,48	4669,96	20711,01

Pontos	Soja2005/06	Soja2006/07	Milho2007/08	Soja2008/09	RAA (kg ha <sup>-1</sup> )
	RA (kg ha <sup>-1</sup> )				
26	3677,84	3428,22	8297,62	4415,1	19818,78
27	3461,49	3294,82	8399,26	4394	19549,57
28	3724,1	3205,04	7925,56	4256,23	19110,93
29	4188,52	3431,55	8210,51	3797,85	19628,43
30	3647,63	3264,3	8158,84	3812,94	18883,71
31	3136,62	3495,01	9047,95	4125,77	19805,35
32	3672,19	3192,82	6961,38	3544,46	17370,85
33	3465,81	3094,25	8654,88	3646,65	18861,59
34	3515,22	3746,53	9203,45	4378,31	20843,51
35	3545,67	3579,04	9414,75	3670,64	20210,10
36	3513,72	3337,86	9370,45	3914,26	20136,29
37	3650,26	2985,52	7800,45	3620,07	18056,30
38	3234,76	3170,55	6516,81	3512,56	16434,68
39	3934,9	3495,55	8282,21	3920,25	19632,91
40	3878,79	3324,63	7981,68	3438,07	18623,17
41	3461,16	2978,41	6066,68	3275,35	15781,60
42	3498,23	3453,17	8666,41	3520,91	19138,72
43	3401,31	2495,76	8481,55	3571,92	17950,54
44	3733,92	3242,75	7751,01	3582,57	18310,25
45	3378,95	3137,72	7368,9	3330,71	17216,28
46	3135,9	2139,2	5613,31	2696,42	13584,83
47	3007,09	2542,52	6094,73	3171,79	14816,13
48	3116,07	2427,34	6264,42	3151,87	14959,70
49	3368,62	3333,96	6956,68	3844,69	17503,95
50	3075,96	3153,75	7657,35	2984,44	16871,50
<b>Média</b>	<b>3581,28</b>	<b>3110,35</b>	<b>7616,02</b>	<b>3663,42</b>	<b>17917,07</b>



Realizando uma comparação das exportações encontradas na área durante o estudo, foi constatado que a soja extraiu em média  $48,3 \text{ kg ha}^{-1}$  em três safras, já o milho extraiu  $60,9 \text{ kg ha}^{-1}$  em uma safra (Figura 24). Fatecha (2010) em experimentos de balanço de nutrientes no Paraguai, constatou que o milho foi a cultura que mais P extraiu, seguida pela soja, com valores de  $49$  e  $42 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente.

Estima-se que seja preciso de  $205,9 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , em média, para repor as exportações totais de P em uma sequência de culturas (S/S/M/S). Analisando as exportações encontradas nas propriedades que tiveram três cultivos de soja e um de milho, independentemente da sequência, obteve-se uma média da exportação de P nas quatro safras de  $213,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Este valor deveria ser aplicado imprescindivelmente, para suprir as necessidades das culturas sem prejudicar os níveis dos nutrientes do solo. Quantidades acima deste valor seriam recomendadas para realizar correções de P no solo.

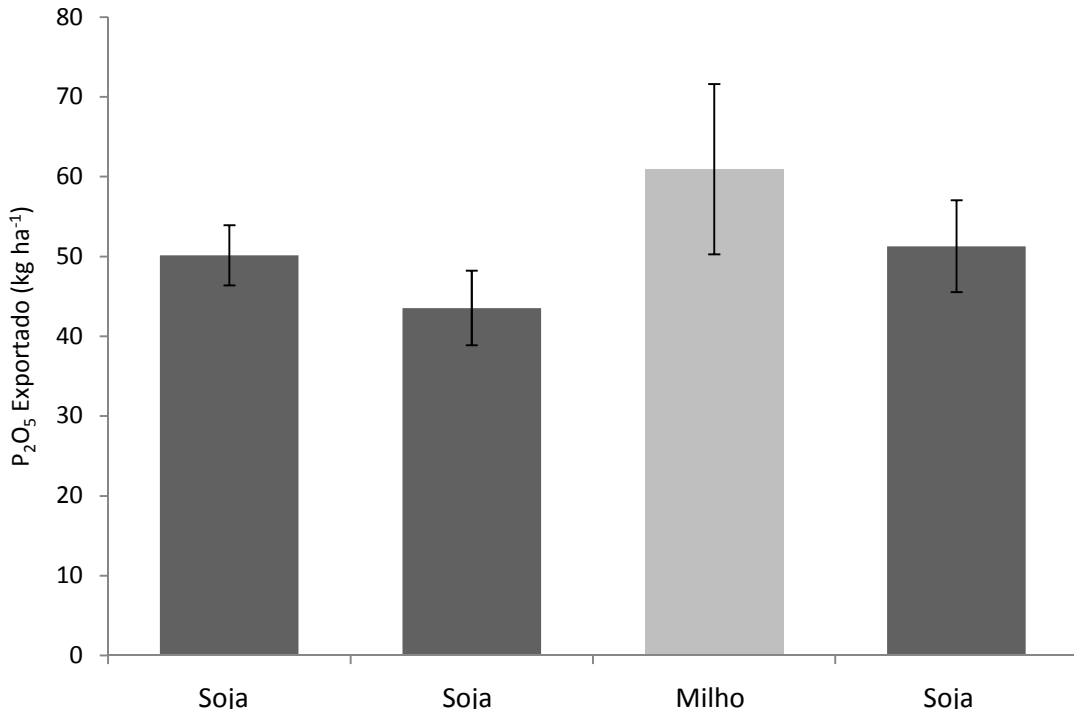


Figura 24 – Quantidade de  $\text{P}_2\text{O}_5$  exportado na sequência S/S/M/S. Área do Sr. Volnei Koeche. Vitor Graeff - RS. 2005-2009.

Na avaliação do K, observaram-se saldos positivos e negativos do nutriente no solo, balanços positivos foram registrados em um 38 % dos pontos, com valores entre 2,8 e 315,9 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Já, na maior parte da área (62 %), os balanços foram negativos, com saldos de -1,5 a -73,8 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Os saldos acumulados tiveram uma variação muito grande, de -73,8 a 315,9 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Tabela 19).

As aplicações de fertilizantes potássicos, na sequência analisada nesta área, tiveram, de forma geral, uma média de 259,0 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, as quais foram superiores em 2,4 % quando comparadas às extrações, segundo as médias exportadas, que tiveram um valor de 252,8 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Analisando, pela média, esta área em particular, notou-se que o balanço foi praticamente neutro, deve-se prestar muita atenção ao realizar as recomendações de fertilizações, para não cometer algum tipo de erro. Em alguns pontos, as extrações podem estar ocorrendo de forma desmedida, causando perda de nutriente, a qual não é notória ao ser estudada pela média da área. Balanços de nutrientes neutros (adições = exportações) indicam que não houve variação no estoque do solo, mas a quantidade e fertilidade dele poderiam ter sido alteradas (DOBERMANN, 2007).

Tabela 19 – Quantidade de K adicionado ao solo via fertilizantes (Ad), exportação via colheita de grãos (Ex) e saldo (adição - exportação) na sequência S/S/M/S. Área do Sr. Volnei Koeche. Vitor Graeff - RS. 2005-2009.

Pontos	Soja 2005/2006		Soja 2006/2007		Milho 2007/2008		Soja 2008/2009		Total		Saldo 2005-2009
	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex	
kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O											
1	50,0	65,7	50,0	60,4	49,6	51,3	82,4	76,1	232,0	253,5	-21,4
2	45,5	71,0	45,5	62,3	50,6	59,5	84,3	76,1	225,9	268,9	-43,1
3	70,0	77,0	70,0	63,9	51,6	39,4	59,0	72,7	250,5	253,1	-2,5
4	70,0	74,1	70,0	54,0	194,4	32,5	198,1	60,0	532,5	220,6	311,9
5	50,0	63,8	50,0	56,8	179,9	60,3	221,1	63,8	501,0	244,8	256,2
6	50,0	70,8	50,0	58,8	50,3	51,5	75,8	80,5	226,0	261,6	-35,5
7	70,0	79,5	70,0	58,7	53,6	32,7	50,1	69,6	243,7	240,6	3,1
8	70,0	69,2	70,0	48,0	188,5	22,3	181,7	54,8	510,2	194,4	315,9
9	30,0	69,0	30,0	61,4	46,6	43,1	72,2	68,3	178,8	241,8	-63,0
10	50,0	78,1	50,0	63,6	52,2	62,5	92,8	87,4	244,9	291,6	-46,7
11	38,4	69,8	38,4	49,8	31,7	50,3	56,7	69,0	165,1	239,0	-73,8
12	50,0	75,7	50,0	64,7	54,7	52,7	78,7	75,8	233,4	268,9	-35,5
13	70,0	75,8	70,0	71,4	55,1	39,3	57,5	76,1	252,6	262,7	-10,1
14	90,0	64,7	90,0	55,3	45,4	35,4	49,5	74,4	274,9	229,7	45,1
15	50,0	79,8	50,0	62,5	41,2	42,1	46,7	71,5	187,9	255,8	-68,0
16	68,1	73,0	68,1	63,7	53,0	46,6	72,1	70,7	261,2	254,1	7,2
17	70,0	79,4	70,0	65,9	148,0	40,5	151,7	72,7	439,7	258,5	181,2
18	70,0	75,7	70,0	56,2	49,5	37,4	56,1	77,8	245,6	247,1	-1,5
19	65,8	73,8	65,8	67,3	54,2	41,1	58,1	72,5	243,8	254,6	-10,8
20	50,0	76,2	50,0	61,4	52,8	43,7	61,3	80,9	214,2	262,1	-47,9
21	50,0	77,0	50,0	64,0	43,5	42,0	50,9	66,6	194,4	249,5	-55,1
22	50,0	70,1	50,0	63,1	52,4	42,9	61,0	71,0	213,4	247,1	-33,7

Pontos	Soja 2005/2006		Soja 2006/2007		Milho 2007/2008		Soja 2008/2009		Ad	Total	Saldo	
	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex	Ad	Ex				
kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O												
23	120,0	75,5	120,0	67,7	55,0	48,2	69,0	77,2	364,0	268,7	95,3	
24	90,0	77,2	90,0	61,7	48,9	42,0	59,5	72,9	288,4	253,9	34,6	
25	50,0	71,0	50,0	68,7	55,9	54,3	76,4	93,4	232,3	287,5	-55,2	
26	50,0	73,6	50,0	68,6	55,8	49,8	71,0	88,3	226,9	280,2	-53,3	
27	50,0	69,2	50,0	65,9	54,4	50,4	70,5	87,9	224,9	273,4	-48,5	
28	50,0	74,5	50,0	64,1	52,6	47,6	67,7	85,1	220,3	271,3	-51,0	
29	80,6	83,8	80,6	68,6	57,7	49,3	69,8	76,0	288,6	277,6	11,0	
30	50,0	73,0	50,0	65,3	55,5	49,0	70,3	76,3	225,8	263,5	-37,7	
31	70,0	62,7	70,0	69,9	56,1	54,3	76,2	82,5	272,3	269,4	2,8	
32	90,0	73,4	90,0	63,9	50,8	41,8	58,3	70,9	289,0	250,0	39,1	
33	50,0	69,3	50,0	61,9	38,4	51,9	57,0	72,9	195,4	256,1	-60,7	
34	50,0	70,3	50,0	74,9	59,6	55,2	79,0	87,6	238,5	288,0	-49,5	
35	50,0	70,9	50,0	71,6	50,9	56,5	71,6	73,4	222,5	272,4	-49,9	
36	50,0	70,3	50,0	66,8	54,7	56,2	78,7	78,3	233,4	271,5	-38,2	
37	50,0	73,0	50,0	59,7	50,5	46,8	69,1	72,4	219,6	251,9	-32,3	
38	50,0	64,7	50,0	63,4	53,4	39,1	58,6	70,3	211,9	237,5	-25,5	
39	42,3	78,7	42,3	69,9	54,7	49,7	71,9	78,4	211,1	276,7	-65,6	
40	53,4	77,6	53,4	66,5	51,4	47,9	67,4	68,8	225,7	260,7	-35,0	
41	78,4	69,2	78,4	59,6	46,8	36,4	49,9	65,5	253,5	230,7	22,8	
42	50,0	70,0	50,0	69,1	54,1	52,0	71,6	70,4	225,7	261,4	-35,8	
43	51,7	68,0	51,7	49,9	47,5	50,9	71,8	71,4	222,8	240,3	-17,5	
44	50,0	74,7	50,0	64,9	53,2	46,5	65,8	71,7	219,0	257,7	-38,7	
45	70,0	67,6	70,0	62,8	51,6	44,2	62,4	66,6	254,0	241,2	12,9	
46	100,7	62,7	100,7	42,8	37,6	33,7	49,8	53,9	288,8	193,1	95,7	
47	70,0	60,1	70,0	50,9	43,2	36,6	50,9	63,4	234,1	211,0	23,1	
48	70,0	62,3	70,0	48,5	42,7	37,6	56,6	63,0	239,4	211,5	27,9	
49	90,0	67,4	90,0	66,7	54,2	41,7	61,8	76,9	296,0	252,7	43,3	
50	70,0	61,5	70,0	63,1	49,3	45,9	64,4	59,7	253,7	230,2	23,5	
<b>Média</b>	<b>61,5</b>	<b>71,6</b>	<b>61,5</b>	<b>62,2</b>	<b>60,7</b>	<b>45,7</b>	<b>75,3</b>	<b>73,3</b>	<b>259,0</b>	<b>252,8</b>	<b>6,2</b>	

A soja foi a cultura que mais removeu o nutriente do solo, como se era esperado. Isto ao compará-lo com o milho que foi cultivado em uma safra só. Os valores de K tiveram pequenas variações nas suas exportações nas três safras da soja, com uma média de  $69 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . No Milho, a exportação média foi de  $45,7 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  (Figura 25). Os resultados ratificam os valores de Santi (2007), ao observar em uma rotação de grãos, que a soja extraiu em média  $65 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , e o milho removeu do solo  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ .

Definiu-se que foram necessários  $252,8 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , em média, para repor as exportações totais de K, em uma sequência de culturas (S/S/M/S).

Observando detalhadamente as exportações das áreas onde se tiveram três cultivos de soja e um de milho, independentemente da sequência, conseguiu-se uma média estimada da exportação de K nas quatro safras, sendo este valor de  $251,8 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , o qual é indispensável na aplicação caso queira-se suprir as necessidades das culturas sem serem danificados os teores do nutriente que estejam no solo. Quantidades mínimas a este valor também podem ser utilizadas, cuidando que os níveis do solo se encontrem acima da classe ideal.

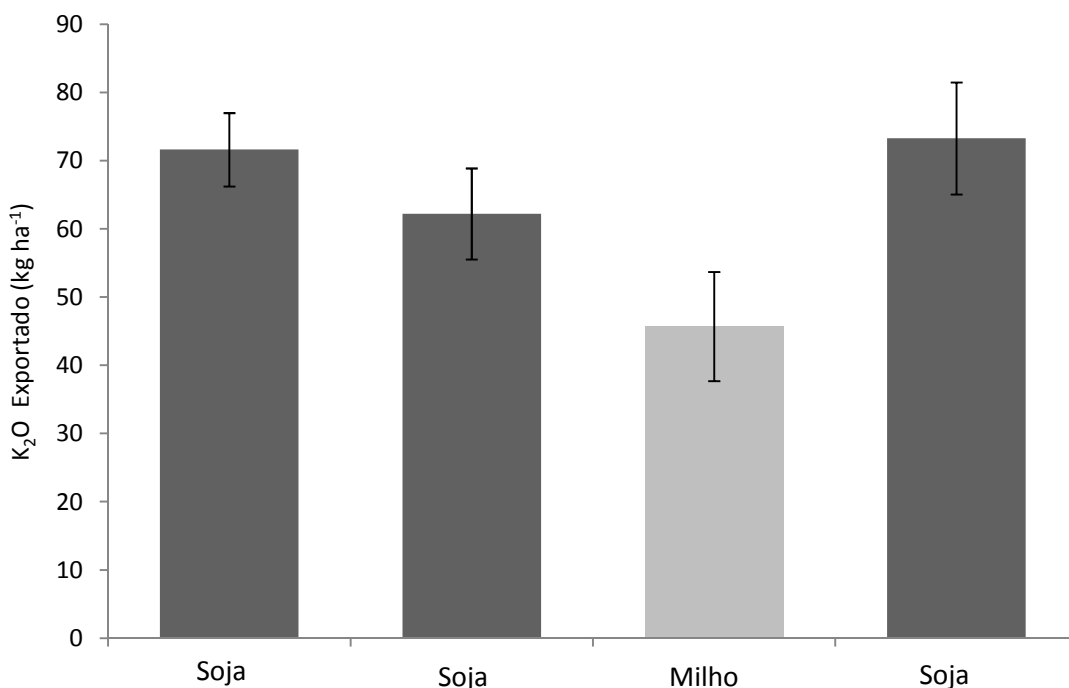


Figura 25 – Quantidade de  $\text{K}_2\text{O}$  exportado na sequência S/S/M/S. Área do Sr. Volnei Koeche. Vitor Graeff - RS. 2005-2009.

### 6.5.2 Evolução temporal dos teores de P no solo.

No ano de 2005, os teores mínimo, médio e máximo de P no solo foram de 12,3; 25,0 e 53,0 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente (Figura 26). Neste local, de 50,6 ha, o 20% da área se encontrava abaixo da faixa ideal, com teores baixos (4%) e médios (16%). Em 2009, após a colheita de grãos e no final das avaliações, os valores obtidos no solo foram de 23,0 mg dm<sup>-3</sup> como mínimo, um máximo de 62,6 mg dm<sup>-3</sup> e com uma média dos valores de 35,9 mg dm<sup>-3</sup>. Observa-se que os níveis de P no solo continuaram aumentando apesar de terem diminuído as quantidades de fertilizantes adicionados na área, corrigindo-se 100% dos pontos e até passando, em algumas áreas, da faixa ideal para as faixas de alta e muito alta. Este fato pode ser devido ao excelente manejo de rotações e práticas do solo realizadas pelo produtor ao longo dos anos.

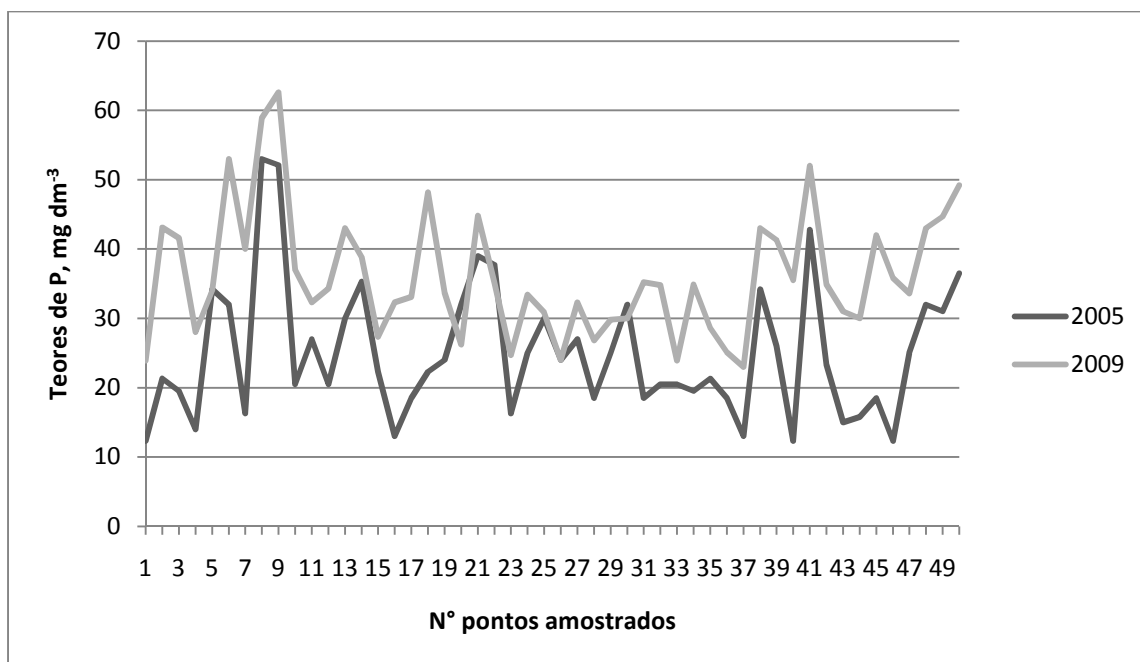


Figura 26 – Evolução dos teores de P no solo em cada ponto e ano. Área do Sr. Volnei Koeche. Vitor Graeff - RS. 2005-2009.

Relacionando às adições de fertilizantes fosfatados com as exportações de P pelas colheitas, foram observadas três situações diferentes, das quais, duas foram esperadas e a outra inesperada ou improvável.

De forma esperada, os teores no solo aumentaram quando o saldo (adição – exportação) foi positivo (Figura 27), ocorrendo isto em 50% da área. A evolução respondeu expressivamente ao saldo de P na medida em que o saldo era maior, a evolução acompanhava este comportamento.

Em outra situação que ocorreu em um 10 % do local, onde o saldo (adição – exportação) foi negativo, os teores no solo diminuíram (Figura 28). Para um manejo adequado e sustentável se deve estudar e ter conhecimento do residual das aplicações de P, especialmente nas situações que se propõem manter os níveis de P acima do teor crítico.

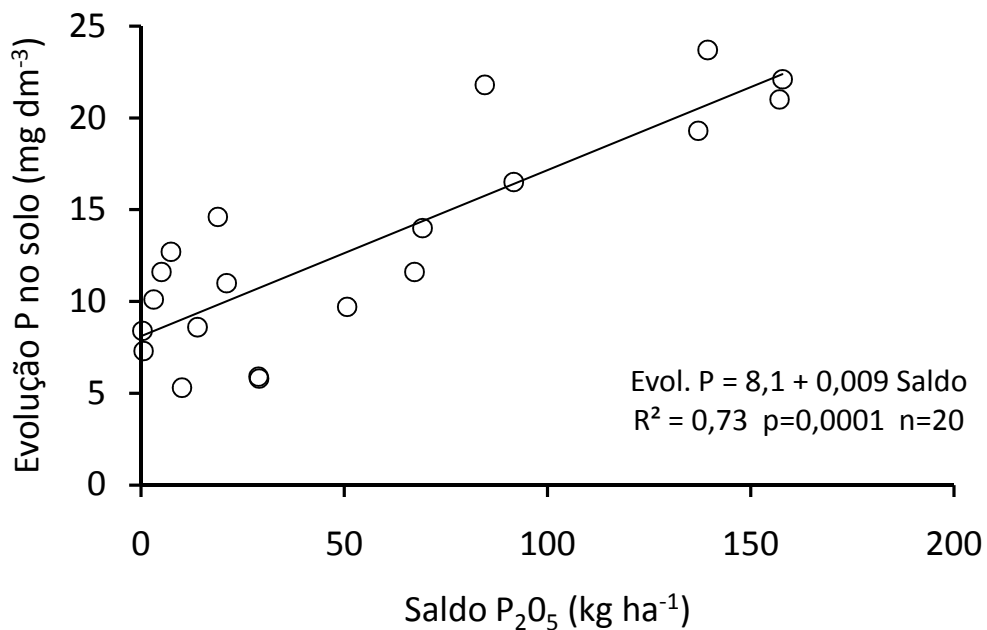


Figura 27 – Evolução comportamental dos teores de P no solo correlacionados com o saldo (adição – exportação) de  $P_2O_5$ . Área do Sr. Volnei Koeche. Vitor Graeff - RS. 2005-2009.

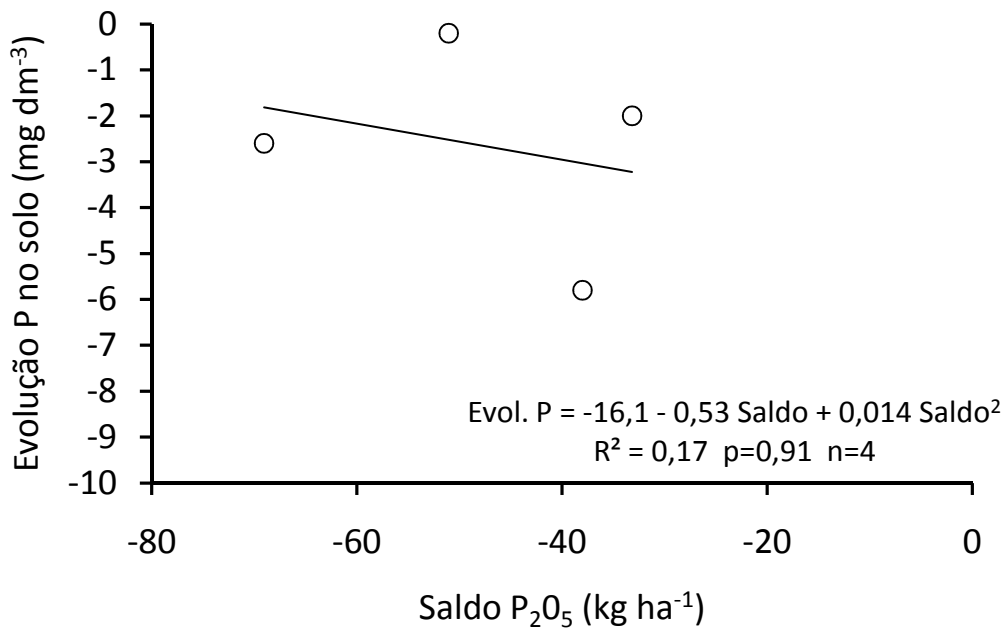


Figura 28 – Evolução comportamental dos teores de P no solo correlacionados com o saldo (adição – exportação) de  $P_2O_5$ . Área do Sr. Volnei Koeche. Vitor Graeff - RS. 2005-2009.

Já de forma inesperada, em 40% da área, os teores de P no solo aumentaram quando as adições foram menores que as exportações. Fatecha (2010) analisou a evolução temporal do P em solos do Paraguai, achando o mesmo comportamento inesperado e ilógico no solo, em várias parcelas experimentais de seu estudo.

### 6.5.3 Evolução temporal dos teores de K no solo.

Os resultados obtidos no ano de 2005 demonstraram que 14% dos pontos encontravam-se abaixo da faixa ideal, assim como 58% dos pontos situavam-se acima desta faixa, com um valor mínimo de  $76\ mg\ dm^{-3}$ , máximo de  $364\ mg\ dm^{-3}$  e valores médios entorno de  $212\ mg\ dm^{-3}$  (Figura 29).

No intuito de deslocar os teores para a faixa ideal, foram diminuídas as fertilizações potássicas, especialmente nas faixas alta e muito alta, e a resposta foi à esperada, já que em 2009 o panorama mudou por completo, onde os pontos situaram-se na sua maioria na faixa ideal (48%). Além disso, vários pontos baixaram



para a faixa média (32%), com valores de K no solo mínimo, médio e máximo de 99, 154 e 231  $\text{mg dm}^{-3}$ , respectivamente.

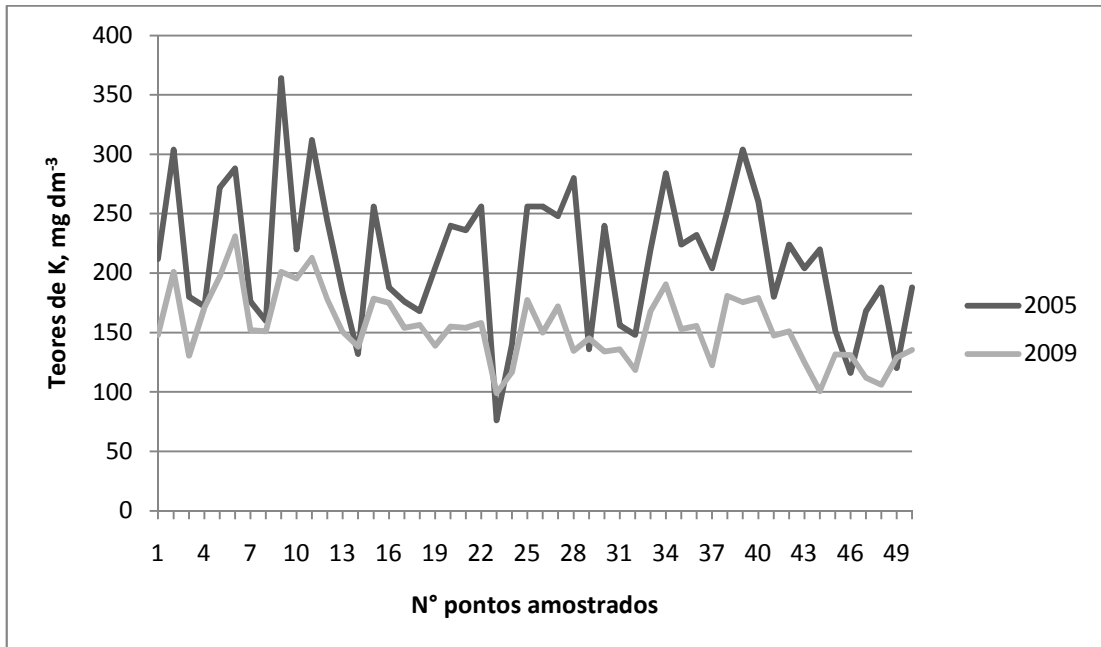


Figura 29 – Evolução dos teores de K no solo em cada ponto e ano. Área do Sr. Volnei Koeche. Vitor Graeff - RS. 2005-2009.

Neste local, ao serem analisados os dados de  $\text{K}_2\text{O}$  contidos no solo com a relação de adição e exportação no sistema, observaram-se três comportamentos bem diferentes, dos quais dois foram esperados e outro inesperado, ao igual como aconteceu no estudo do P.

De forma esperada, na medida em que o K adicionado era maior que o exportado, os teores no solo aumentaram (Figura 30). Esta situação ocorreu em forma mínima na área em estudo (10 %), isto foi devido que a maioria dos balanços foram negativos (62%). Onde foram positivos (38%) os teores no solo já se encontravam elevados em seus níveis de fertilidade, com teores altos de K trocável, matéria orgânica e argila (Anexo D), o que possivelmente aumentou a resposta à fertilização potássica.

Assim, também, onde o saldo (adição – exportação) foi negativo os teores no solo diminuíram (Figura 31), ocorrendo isto na maior parte da área, em um total de 62 %. Para se realizar uma agricultura sustentável deve ser levado em consideração

o balanço de nutrientes, onde estes podem ser negativos ou neutros por algum tempo, porém é necessário monitorá-los para que não baixem dos níveis críticos desejados.

De forma inesperada os teores de K no solo diminuíram onde houve uma adição maior do que a exportação, acontecendo isto em um 28% da área.

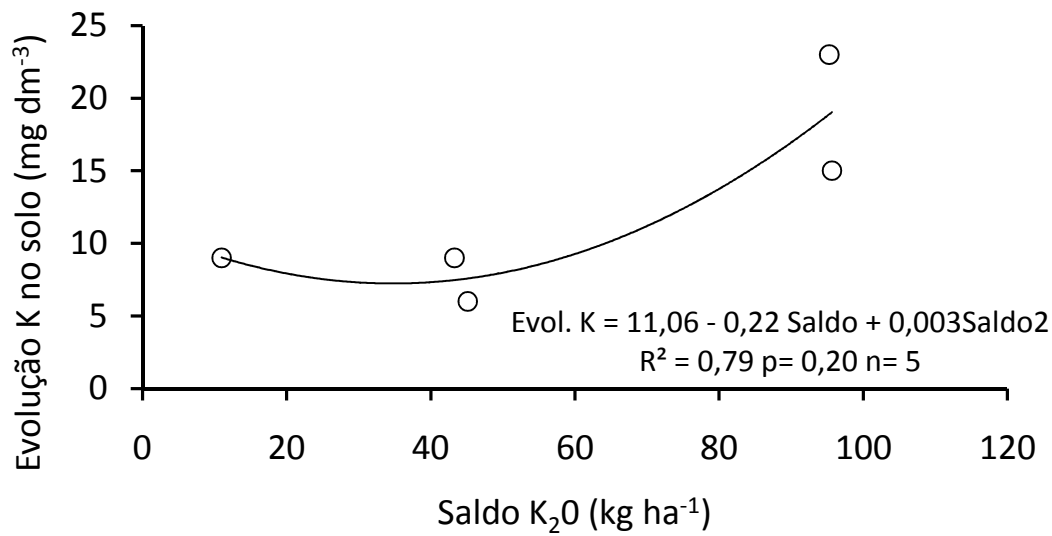


Figura 30 – Evolução comportamental dos teores de K do solo correlacionados com o saldo (adição – exportação) de  $\text{K}_2\text{O}$ . Área do Sr. Volnei Koeche. Vitor Graeff - RS. 2005-2009.

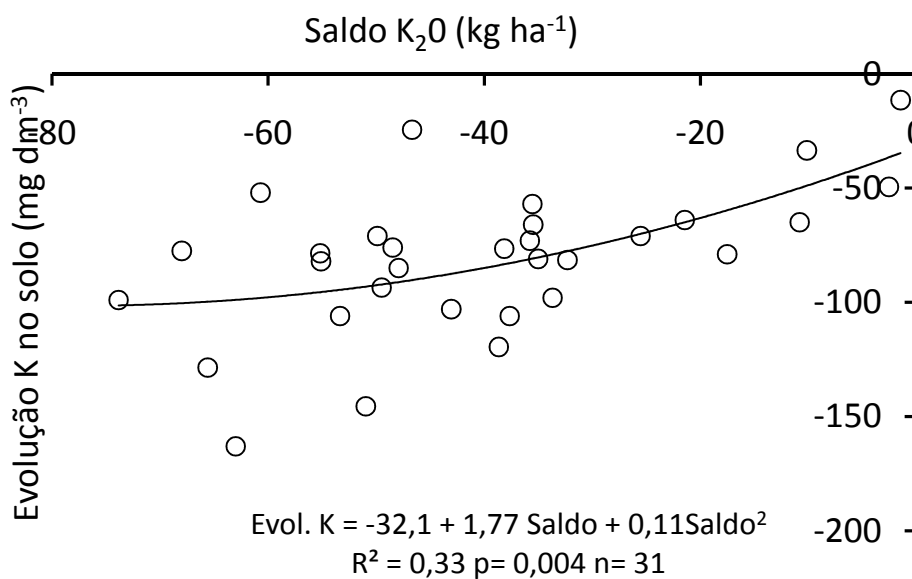


Figura 31 – Evolução comportamental dos teores de K do solo correlacionados com o saldo (adição – exportação) de  $\text{K}_2\text{O}$ . Área do Sr. Volnei Koeche. Vitor Graeff - RS. 2005-2009.

#### 6.5.4 Capacidade Tampão de P e K do solo

O valor médio para elevar  $1 \text{ mg dm}^{-3}$  de P no solo foi de  $5,1 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (Tabela 20), semelhante ao deparado por Fatecha (2010), em um solo semelhante ao estudado, em Alto Paraná no Paraguai com um valor de  $7,7 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Franzen (2007) em uma profundidade de 0,15 m precisou de  $6,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  em Illinois nos Estados Unidos.

Para o K, o valor médio encontrado foi de  $4,9 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  necessário para elevar  $1 \text{ mg dm}^{-3}$  de K no solo, coincidente ao encontrado por Santi (2007), o qual determinou que são necessários  $5,21 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ .

Tabela 20 – Quantidade de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) necessários para elevar o teor de P e K em  $1 \text{ mg dm}^{-3}$  no solo. Área do Sr. Volnei Koeche. Vitor Graeff - RS. 2005-2009.

$\text{P}_2\text{O}_5$ ( $\text{kg ha}^{-1}$ )		
Nível do solo	Nº de pontos	
Médio	4	4,54
Ideal	10	3,12
Alto	5	3,38
Muito Alto	2	9,46
Média da área	21	5,1
$\text{K}_2\text{O}$ ( $\text{Kg ha}^{-1}$ )		
Nível do solo	Nº de pontos	
Baixo	2	5,26
Médio	3	4,52
Média da área	5	4,9

Realizando uma média das quatro áreas em estudo, as quais foram avaliadas durante os anos de 2005 a 2009, podemos definir um único valor necessário para elevar  $1 \text{ mg dm}^{-3}$  de P e K nestes solos da região do estado (Tabela 21).

Sendo eles,  $12,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  para o P e  $4,1 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  para o K.

Tabela 21 – Quantidade de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  necessária em média para aumentar o teor em  $1 \text{ mg dm}^{-3}$  de P e K no solo, nos distintos níveis e tratamentos nos quatro locais de avaliação. Rio Grande do Sul. 2005-2009.

$P_2O_5$ ( $\text{kg ha}^{-1}$ )			$K_2O$ ( $\text{kg ha}^{-1}$ )		
Local	Pontos	Quantidade	Local	Pontos	Quantidade
Luciano de Mattos	18	12,5	Luciano de Mattos	8	3,9
Luiz e Paulo Marquetti	8	17,7	Luiz e Paulo Marquetti	7	3,0
Nei César Mânica	29	12,6	Nei Mânica	23	4,4
Volnei Koeche	21	5,1	Volnei Koeche	5	4,9
MEDIA	76	12,0	MÉDIA	43	4,1

## 7 CONCLUSÕES

As áreas apresentaram, no início do estudo, uma grande variabilidade espacial nos teores de P e K no solo, os quais foram reduzidos mediante uso de práticas de AP.

No estudo dos balanços de nutrientes no P, a maior parte das áreas apresentaram saldos positivos, com exceção da área situada em Vitor Graeff, onde se obtiveram saldos positivos e negativos.

Em média geral, as fertilizações fosfatadas foram superiores as exportações em todas as áreas, sendo as adições 30 % superiores em relação às exportações.

Conseguiu-se concentrar os teores de P entre as classes Ideal e Alta nas quatro áreas avaliadas.

No balanço de nutrientes no K, as áreas de Tio Hugo e Não-Me-Toque tiveram saldos positivos em todas as áreas, já em Almirante Tamandaré do Sul e Vitor Graeff se obtiveram saldos positivos e negativos.

As fertilizações potássicas foram superiores às exportações em todas as áreas, sendo as adições superiores em um 25 %, em média geral, quando comparado às exportações.

Os teores de K foram localizados entre as classes Média, Ideal e Alta nas quatro áreas estudadas.

A soja exportou em média 44 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 63 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O nas quatro áreas avaliadas, já o milho 78,5 ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 59 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em três áreas.

Em média dos quatro locais, foi necessário adicionar 12,0 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para elevar 1 mg dm<sup>-3</sup> de P no solo, assim como 4,1 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O para elevar 1 mg dm<sup>-3</sup> de K no solo.



## REFERÊNCIAS

AMADO, T. J. et al. Variabilidade espacial e temporal da produtividade de culturas sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.8, ago. 2007.

AMADO, T. J. et al. Projeto Aquarius-Cotrijal: pólo de AP. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.91, n.1, p.39-47, jan./fev. 2006.

AMADO, T. J. C.; NICOLOSO, R.; LANZANOVA, M.; SANTI, A. L.; LOVATO, T. A compactação pode comprometer os rendimentos de áreas sob plantio direto. **Revista Plantio Direto**, n.89, p.34-42, 2005.

ANGHINONI, I. & SALET, R.L. Amostragem do solo e as recomendações de adubação e calagem no sistema plantio direto. In: NUERNBERG, N.J., Ed. **Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto**. Lages. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Região Sul, 1998. p.27-52.

BALASTREIRE, L. A. A experiência com pesquisas em Agricultura de Precisão na ESALQ-USP. In: CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO DA AMÉRICA LATINA, 4., 1998, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Microservice, 1998. 1 CR-ROM

BELLÉ, G. L. **Agricultura de Precisão: Manejo da fertilidade com aplicação a taxa variada de fertilizantes e sua relação com a produtividade de culturas**. 2009. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria.

BERARDO, A. Manejo del fósforo en los sistemas de producción pampeanos. In: SIMPOSIO "EL FÓSFORO EN LA AGRICULTURA". INPOFOS Cono Sur 1., 2003, Rosario. **Anais...** Rosario: [s.n.], p. 38-44, 2003.

BERARDO, A. Long-term effects of P fertilization in wheat yields, efficiency and soil test levels. **Better Crops**, v. 12, n. 2, p. 18-20, 1997.

BLACKMORE, B. S.; WHEELER, P. N.; MORRIS, R. M., et al. **The role of precision farming in sustainable agriculture: a European perspective**. Minneapolis/USA, 1994. p.13. Trabalho apresentado na 2<sup>nd</sup> International Conference on Site-Specific

Management for Agricultural Systems in Minneapolis/USA. Disponível na internet: <http://www.silsoe.cranfield.ac.uk/cpf/papers/pfsusag2/pfsusag2.pdf>

BLACKMORE, B. S.; LARSCHEID, G. Strategies for managing variability, In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 1., 1997, Warwick,. **Proceedings...** London: BIOS Scientific, 1997. P.851-859.

BLACKMORE, B. S. **An information system for precision farming**. Silsoe. Inglaterra: The Centre for Precision Farming. Cranfield University, 1996. p.09. Trabalho apresentado em: The Brighton Conference Pests and Diseases. 1996. Disponível na internet: <http://www.silsoe.cranfield.ac.uk/cpf/papers/ISPF/ispf3.pdf>

BLAKE, L.; S. MERCIK; M. KOERSCHENS; S. MOSKAL; P. R. POULTON; K.W.T. GOULDING; A. WEIGEL & D.S. POWLSON. Phosphorus content in soil, uptake by plants and balance in three European long-term field experiments. **Nutrient Cycling in Agroecosystems** 56: p. 263-275. 2000.

BONGIOVANNI, R.; LOWENBERG-DEBOER, J. Precision Agriculture and Sustainability. **Precision Agriculture**. Dordrecht, v. 5, n. 3, p.359-387, 2004.

BORKERT, C. M. et al. Resposta da soja à adubação e disponibilidade de potássio em Latossolo Roxo Eutrófico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 32, n. 10, p. 1.009-1.022, 1997.

BRAGAGNOLO, J. **Adubação nitrogenada à taxa variada com o N-SENSOR nas culturas do milho e trigo**. 2010. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria.

BRAGANCHINI, M.; MÉNDEZ, A. **Novedades de Agricultura de Precisión EE.UU 2009 viaje INTA/COOVAECO**. In: 9 Curso de Agricultura de Precisión y 4 Expo de Máquinas Precisas, 2010, Cordoba. Resumos. Cordoba: INTA MANFREDI, 2010.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto RadamBrasil. **Levantamento de Recursos Naturais**. Rio de Janeiro, DNPV, 1983. 764p. v.31.

BRINDRABAN, P. S., STOOORVOGEL, J. J., JANSEN, D. M., VLAMING, J. & GROOT, J. J. Land quality indicators for sustainable land management: proposed method for yiel gap and soil nutrient balance. **Agriculture, Ecosystem & Environment**. Vol.81: p. 103-112. 2000.



CAMBARDELLA, C.A. et al. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.** Madison, v.58, n.5, p.1501-1511, oct.1994.

CASSMAN, K.G. Ecological intensification of cereal production systems: Yield potential, soil quality, and precision agriculture. **Proceeding of the National Academy of Sciences**, 96: p. 5952-5959, 1999.

CIAMPITTI, I. **Dinámica del fósforo del suelo en rotaciones agrícolas en ensayos de nutrición a largo plazo**. Tesis (Maestría en Ciencia del Suelo) - Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, 116 f., 2009.

CIAMPITTI, I. A.; GARCIA, F.O. Balance y eficiencia de uso de los nutrientes en sistemas agrícolas. **Revista Horizonte A**. Año IV, No.18, p.22-28. Buenos Aires, Argentina, Feb.2008.

CIAMPITTI, I. A.; GARCIA, F.O. 2007. Requerimientos nutricionales, absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. I Cereales, Oleaginosas e Industrias. Informaciones Agronómicas N°33, **Archivo Agronómico N°11**. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina. Disponible em: [http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/\\$webindex/E036AC788900A650325728E0069F05](http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/$webindex/E036AC788900A650325728E0069F05).

COELHO, A. M., Agricultura de precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e das culturas. In: **Tópicos em Ciência do Solo**, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa. V.3. p.249-290, mar. 2003.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul, 394 p., 2004.

CONTE, E. et al. Frações de fósforo acumulada em latossolo argiloso pela aplicação de fosfato no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 893-900, 2003.

COPE, J. T.Jr. 1981. Effects of 50 years of fertilization with P and K soil test levels and yields at six locations. **Soil Science Society of America Journal** 45: 342-347.

CORDONE & MARTINEZ **Balance de nutrientes y necesidades de fertilización del cultivo de trigo**. Trabajo presentado en la 1ª Jornada de Trigo de la Región Centro. Organizada por la Bolsa de Cereales de Córdoba, Bolsa de Comercio de

Rosario, Bolsa de Cereales de Entre Ríos y Bolsa de Comercio de Santa Fé. Córdoba, Argentina. 2005.

CUBILLA ANDRADA, M. M. **Calibração visando recomendação de fertilização fosfatada para as principais culturas de grãos sob sistema plantio direto no Paraguai.** 2005. 160 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

CUNHA, J. F.; CASARIN, V.; PROCHNOW, L. I. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. (Ed.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes.** Piracicaba: IPNI-Brasil, 2010. V.2. p. 311-351.

DELLAMEA, R. B. C. **Eficiência da adubação à taxa variável em áreas manejadas com agricultura de precisão no Rio Grande do Sul,** 2008. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

DOBERMANN, A., Nutrient Use Efficiency – Measurement and Management. pp 1-28. Em Fertilizer Best Management Practices. IFA **International Workshop on Fertilizer Best Management Practices (FBMPs).** 7-9 March, 2007. Bruselas, Bélgica.

DOBERMANN, A.; PING, J. L. Geostatistical integration of yield monitor data and remote sensing improves yield maps. **Agronomy Journal**, Madison, v.96, n.1, p.285-297. Sep. 2004.

DOBERMANN, A.; T. GEORGE and N. THEVS. 2002. P fertilizer effects on soil P pools in acid upland soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 66, p. 652-660, 2002.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária de Solos. **Manual de Métodos de análise de solo.** 2ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA – **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2 ed. Rio de Janeiro. Embrapa, 2006. 306p.

FATECHA, D. A. **Balanço e evolução temporal de fósforo e potássio em três solos sob sistema plantio direto no Paraguai.** 2010. 112f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria.

FERRARIS, G.; L. COURETOT; M. TORIBIO Y R. FALCONI. 2008. Efecto de diferentes estrategias de fertilización sobre los rendimientos, el balance de nutrientes y su disponibilidad en los suelos. Pp.16-21. **Informaciones Agronómicas del Cono Sur**. IPNI. N 45.

Disponível em: [http://www.ipni.net/ppiweb/iaarg.nsf/\\$webindex/.../\\$file/16.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaarg.nsf/$webindex/.../$file/16.pdf)

FERREIRA, D. F. **Programa Sisvar.exe**: sistema de análise de variância. Lavras: UFLA, 2007.

FIEZ, T. E.; MILLER, B. C.; PAN, W. L. Assessment of spatially variable nitrogen fertilizer management in winter wheat. **Jornal of Production Agriculture**, Madison, v.7, n.1, p.86-93, may, 1994.

FIORIM, J. E. **Ciclagem de nutrientes e produtividade de grãos em sucessões de culturas sob o sistema de plantio direto**. 2008. 123 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós- graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

FIORIM, J. E. A rotação de culturas e as plantas de cobertura de solo. **Informativo Fundacep**. Ano VI, N°02, Abril/1999. 8p.

FORJAN, H. J. 2004. Balance de nutrientes en secuencias agrícolas de la región sur bonaerense. **Informaciones Agronómicas**. 21: 8-11. IPNI Cono Sur.

FRAISSE, C.; FAORO, L. Agricultura de precisão: a tecnologia de GIS/GPS chega às fazendas. **Revista Fator GIS On Line**. Curitiba, v.21, nov, dez, jan, 1998.

FRANZEN, D. W. **Summary of 40 Years of Grid Sampling in Illinois**. Fertilizer Conference Proceedings, Illinois, 2007. Disponível em: <http://frec.cropsci.uiuc.edu/2008/report5/>

GALANTINI, J. A.; LANDRISCINI M.R.; IGLESIAS, J.O.; MIGLIERINA, A.M. y ROSELL, R. A. 2000. The effects of crop rotation and fertilization on wheat productivity in the Pampean semiarid region of Argentina. Nutrient balance, yield and grain quality. **Soil & Tillage Research**, 53 (2): 137-144.

GARCIA, F. Balance de nutrientes en la rotación: Impacto de rendimientos y calidad de suelo. In: 2do SIMPOSIO DE FERTILIDAD Y FERTILIZACIÓN EN SIEMBRA DIRECTA, 2003. Rosario. **Anais....** Rosário: [s.n.], p. 56- 63. 2003.

GARCIA, F. O. **Balance de nutrientes y necesidades de fertilización del cultivo de trigo.** Presentado en la 1ra. Jornada de Trigo de la Región Centro. Organizada por la Bolsa de Cereales de Córdoba, Bolsa de Comercio de Rosario, Bolsa de Cereales de Entre Ríos y Bolsa de Comercio de Santa Fe. Córdoba, Argentina. 30-31 marzo 2005. INPOFOS Cono Sur.

GARCIA F. et al. **La red de nutrición de la región CREA Sur de Santa Fe:** resultados y conclusiones de los primeros seis años 2000-2005. Buenos Aires, Argentina: Editorial AACREA, 2006.

GARCIA, F.; CIAMPITTI, I. **Requerimientos nutricionales y balances de nutrientes.** Bs. As., Argentina: [s.n.], p. 2-6. (Agromercado Temático, año 27). 2007.

GATIBONI, L. C. **Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas.** 2003. 231 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

GENTIL, L. V.; FERREIRA, S. M. Agricultura de precisão: Prepare-se para o futuro, mas com os pés no chão. **Revista A Granja.** Porto Alegre, n. 610, p. 12-17. 1999.

GIACOMINI, S. J. **Consortiação de plantas de cobertura no outono/inverno e fornecimento de nitrogênio ao Milho em sistema Plantio Direto.** 2001. 124f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.

GIOTTO, E.; ROBAINA, A. D. A. **Agricultura de Precisão com o Sistema CR-Campeiro 6.:** manual do usuário. Santa Maria: UFSM/CCR/Laboratório de Geomática/Departamento de Engenharia Rural, 2007. 319p.

GIOTTO E.; ROBAINA, A. D.; SULZBACH, L. **A Agricultura de Precisão com o Sistema CR-Campeiro 5.** p. 330. 2004.

GIRARDELLO, V. C. **Qualidade física de um latossolo sob plantio direto submetido à escarificação de sítio específico e o rendimento da soja.** 2010. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria.

GOERING, C. E. **Recycling a concept.** *Agricultural Engineering*, St. Joseph, v. 65, n. 6, p. 25, 1993.

KONING, G. H., VAN DE KOP, P. J. & FRESCO, L. O. 1997. Estimates of subnational nutrient balances as sustainability indicators for agro-ecosystems in Ecuador. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. Vol.65: 127-139.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: Ed. UNESP, 1998. 226p.

LEMANSKI, C. L. **AP em áreas irrigadas com pivô central no Rio Grande do Sul**. 2007. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria.

LINQUIST, B. A et al. Residual P and long-term management strategies for an Ultisol. **Plant and Soil**, v. 184, n. 1, p. 47-55, 1996.

MACHADO, L. O.; LANA, A. M. Q.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C.; FERREIRA, C. V. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob sistema plantio convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 31, p. 591-599, 2007.

MALAVOLTA, T. E. A agricultura diante da escassez do fósforo. **Revista Fórum**, São Paulo, n. 56, nov. 2007. Disponível em [www.revistaforum.com.br](http://www.revistaforum.com.br)

MALLARINO, A. P.; BORGES, R. Phosphorus and Potassium Distribution in Soil Following Long-Term Deep-Band Fertilization in Different Tillage Systems. Nutrient Management & Soil & Plant Analysis. **Soil Science Society American J.**, Madyson. USA, v. 70, p. 702–707, 2006.

MALLARINO, A.P. Spatial variability patterns of phosphorus and potassium in notilled soils for two sampling scales. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 60, n. 8, p. 1473-1481, jan. 1996.

MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T. Soja. In: RAIJ, B. van et al. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, Fundação IAC, p. 285, 1997.

MILANI, L.; SOUZA, E. G.; OPAZO, M. A. U.; GABRIEL FILHO, A.; JOHANN, J. A.; PREREIRA, J. O. Unidades de manejo a partir de dados de produtividade. **Acta Sci. Agron.**, Maringá, n.28, p.591-598, 2006.

MOLIN, J. P. Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.22, n.1, p.83-92, jan./abr., 2002.

MOLIN, J. P. **AP: o gerenciamento da variabilidade**. Piracicaba: José Paulo Molin, 2001. 83p.

MOLIN, J. P. Geração e interpretação de mapas de produtividade para agricultura de precisão. In: Borém, A. et al. (Eds) **Agricultura de precisão**. Visoça: Universidade Federal de Visoça, p.237-257, 2000.

NICOLODI, M. **Evolução da noção da fertilidade e sua percepção como uma propriedade emergente do sistema solo**. 2007. 140 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

NOVAIS, R. F. Sugestões de adubação para a cultura da soja. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5a Aproximação**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 359 p., 1999.

OLIVERIO, G., SEGOVIA, F. & LOPEZ, G. 2004. **Fertilizantes para una Argentina de 100 millones de toneladas**. Buenos Aires, Argentina: Fundación Producir Conservando.

PHEAV, S. 2002. **Cycling and residual effects of phosphorus in the rainfed lowland rice ecosystem of Cambodia**. PhD Tesis School of Environmental Science, Murdoch University, Perth, Western Australia.

PONTELLI, C. B. **Caracterização da variabilidade espacial das características químicas do solo e da produtividade as culturas utilizando as ferramentas de agricultura de precisão**. 2006. 112p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria.

RANDALL, G. W.; T. K. IRAGAVARAPU & S. D. EVANS. Long-term phosphorus and potassium applications. I. Effect on Soil test incline and decline rates and critical soil test levels. **Journal of Production Agriculture** 10: p. 565-571. 1997.

REICHARDT, K.; VIEIRA, S. R.; LIBARDI, P. L. Variabilidade espacial de solos e experimentação de campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, p.1-6, 1986.

SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; DELLA FLORA, L. P.; SMANIOTTO, R. F. F. É chegada a hora da integração do conhecimento. **Revista Plantio Direto**, Ed. 109, jan/fev. Editora Aldeia Norte, Passo Fundo – RS, 2009.

SANTI, A. L. **Aprimoramento do manejo do solo utilizando as ferramentas da Agricultura de Precisão**. 2007. 210 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Programa de Pós- graduação em Ciência do Solo. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SALL, J.; CREIGHTON, L.; LEHMAN, A. **JMP start statistics: a guide to statistics and data analysis using JMP and JMP IN software**. 3rd ed. Cary: Duxbury Press, 2005. 580p.

SCHLINDWEIN, J. A. **Calibração de métodos de determinação e estimativa de doses de fósforo e potássio em solos sob sistema plantio direto**. 2003. 169 f. Tese (Doutorado em Ciência de Solo) - Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

SCHLINDWEIN, J. A.; ANGHINONI, I. Variabilidade vertical de fósforo e potássio disponíveis e profundidade de amostragem do solo no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 30, p. 611-617, 2000.

SEITZINGER, S. P.; MAYORGA, E.; BOUWMAN, A. F.; KROEZE, C.; BEUSEN, A. H. W.; BILLEN, G.; VAN DRECHT, G.; DUMONT, E.; FEKETE, B. M.; GARNIER, J.; HARRISON, J. A. Global river nutrient export: a scenario analysis of past and future trends. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 24, p. 1-16, 2010.

SOARES, C. **Uniformidade de aplicação de fertilizantes com diferentes características físicas**. 83 p. Relatório de Estágio (Curso de Agronomia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

SOUZA, Z. M.; BARBIERI, D. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; CAMPOS, M. C. C. Influência da variabilidade espacial de atributos químicos de um latossolo na aplicação de insumos para cultura da cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 2: p. 371-377, 2007.

STOORVOGEL, J. J. 2000. **Land Quality Indicators for Sustainable Land Management**. Disponível em: <http://www.ciesin.org/lw-kmn/mbguidl2.html>

TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS/Departamento de Solos, 174 p. (Boletim Técnico, 5), 1995.

TIESSEN, H. **Ciclado y disponibilidad de fosforo: Manejando procesos y cantidades.** Simposio "El fosforo en la Agricultura Argentina". IPNI Cono Sur. Rosario, Argentina. 2003.

VAZQUEZ, M. E. **Balance y fertilidad fosforada en suelos productivos de la región pampeana.** Acassuso, Bs. As., Argentina: IPNI Cono Sur, p. 3-7. (Informaciones Agronómicas, 16), 2002.

WALTERS, D. T.; GOESCH, J. E. Temporal and spatial variation in soil nitrate acquisition by Maize as influenced by nitrate depth distribution. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 4, 1998, St. Paul-Minnesota. **Proceedings...** St. Paul: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America, 1998. p.41-54.

WARICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed.). **Applications of soil physics.** New York: Academic Press, 1980. P.319-344

WENDLING, A. **Recomendação de nitrogênio e potássio para trigo, milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai.** 2005. 160 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

WERNER, V. **Utilização de recursos de agricultura de precisão na geração de mapas de atributos, mapas de produtividade e aplicação de insumos à taxas variáveis.** 2004. 125p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria.

WIETHOLTER, S. Nitrogênio para Trigo obtido através do cultivo intercalar de Nabo forrageiro. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, 2003, CD-ROM.

ZANOTTI, N. & BUSCHIAZZO, D. **El Suelo:** Un cálculo económico de la degradación. INTA CRLPSL. Horizonte Agropecuario, La Pampa. 1997.



## **ANEXOS**

## ANEXO A – Atributos químicos do solo na área do Sr. Luciano de Mattos. Almirante Tamandaré do Sul – RS. 2005-2009.

Pontos	Argila(%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> no solo (mg dm <sup>-3</sup> )		K <sub>2</sub> O no solo (mg dm <sup>-3</sup> )		ph (Água)		MOS (%)	
	2005	2005	2009	2005	2009	2005	2009	2005	2009
1	79	23,2	37,5	244	172	6,3	5,4	3,1	3,8
2	73	9,7	26,0	204	138	6,5	5,5	3,2	3,7
3	62	13,0	36,2	216	205	6,3	5,3	3,2	4,1
4	68	36,5	31,0	196	159	6,1	5,3	3,6	4,3
5	64	35,3	31,0	236	179	6,7	5,4	3,7	4,8
6	57	16,3	35,8	256	216	6,6	5,4	3,9	4,8
7	53	17,5	36,2	172	148	6,3	5,2	3,5	5,1
8	61	22,3	33,6	180	125	6,1	5,2	4,0	3,8
9	62	21,3	19,4	156	137	6,2	5,4	3,6	4,3
10	65	29,0	26,2	200	163	6,3	5,2	3,6	5,0
11	51	17,5	27,4	172	174	5,6	5,2	3,8	5,0
12	50	14,0	19,0	132	164	6,0	5,1	3,8	4,0
13	62	15,0	30,6	168	175	6,0	5,3	3,6	4,9
14	64	15,0	28,8	204	142	6,0	5,2	3,8	4,8
15	62	18,5	34,4	160	173	6,0	5,3	3,3	4,1
16	53	13,0	36,0	124	152	5,9	5,2	1,7	3,2
17	56	29,0	25,0	136	162	6,0	5,2	3,7	4,5
18	54	21,3	37,5	216	184	6,2	5,1	3,8	4,9
19	57	21,3	25,6	176	150	6,3	5,2	4,0	4,7
20	64	33,0	43,0	172	175	5,8	5,2	4,2	4,7
21	69	23,2	40,6	128	147	6,1	5,3	3,7	4,8
22	60	14,0	35,5	148	161	5,3	5,1	3,8	4,6
23	60	29,0	26,2	156	141	6,0	5,3	4,1	5,0
24	63	15,8	27,4	176	129	6,0	5,3	3,7	4,5
25	62	18,5	33,0	204	178	6,3	5,5	3,9	4,6
26	64	39,0	43,0	200	178	6,4	5,6	4,1	4,8
27	68	26,0	33,0	196	161	6,4	5,6	4,0	5,1
<b>Mínimo</b>	<b>50</b>	<b>9,7</b>	<b>19,0</b>	<b>124</b>	<b>125</b>	<b>5,3</b>	<b>5,3</b>	<b>1,68</b>	<b>3,2</b>
<b>Máximo</b>	<b>79</b>	<b>39,0</b>	<b>43,0</b>	<b>256</b>	<b>216</b>	<b>6,7</b>	<b>6,7</b>	<b>4,21</b>	<b>5,1</b>
<b>Média</b>	<b>62</b>	<b>21,8</b>	<b>31,8</b>	<b>182</b>	<b>162</b>	<b>6,1</b>	<b>6,1</b>	<b>3,6</b>	<b>4,5</b>

ANEXO B - Atributos químicos do solo na área do Sr. Luiz e Paulo Marquetti. Tio Hugo – RS. 2005-2009.

Pontos	Argila(%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> no solo (mg dm <sup>-3</sup> )		K <sub>2</sub> O no solo (mg dm <sup>-3</sup> )		ph (Agua)		MOS (%)	
	2005	2005	2009	2005	2009	2005	2009	2005	2009
1	54	24,0	30,7	124	222	5,4	5,3	2,8	2,6
2	47	18,5	24,5	100	273	5,5	5,6	3,0	2,9
3	40	19,5	22,4	156	286	5,4	5,4	3,0	2,7
4	42	22,3	32,6	152	288	5,3	5,6	3,2	3
5	57	20,5	26,8	136	234	5,4	5,9	3,2	3
6	44	23,2	33,7	260	357	6,5	5,7	3,2	2,8
7	47	24,0	30,3	184	232	5,7	5,7	3,0	2,6
8	48	28,0	34,5	260	336	6,0	5,8	3,7	2,8
9	56	25,0	32,9	224	348	5,9	5,7	3,3	3,1
10	65	24,0	34,9	152	274	5,7	5,8	3,0	3
11	64	21,3	27,2	168	286	5,8	5,8	3,2	3,1
12	61	27,0	32,2	212	290	5,9	5,6	2,4	2,3
<b>Mínimo</b>	<b>40</b>	<b>18,5</b>	<b>22,4</b>	<b>100</b>	<b>222</b>	<b>5,3</b>	<b>5,3</b>	<b>2,36</b>	<b>2,3</b>
<b>Máximo</b>	<b>65</b>	<b>28,0</b>	<b>34,9</b>	<b>268</b>	<b>357</b>	<b>6,5</b>	<b>5,9</b>	<b>3,68</b>	<b>3,1</b>
<b>Média</b>	<b>52</b>	<b>23,11</b>	<b>30,23</b>	<b>185,67</b>	<b>285,5</b>	<b>5,71</b>	<b>5,66</b>	<b>3,06</b>	<b>2,83</b>

ANEXO C - Atributos químicos do solo na área do Sr. Nei César Mânica. Não-Me-Toque – RS. 2005-2009.

Pontos	Argila(%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> no solo (mg dm <sup>-3</sup> )		K <sub>2</sub> O no solo (mg dm <sup>-3</sup> )		ph (Agua)		MOS (%)	
	2005	2005	2009	2005	2009	2005	2009	2005	2009
1	83	25,0	33,6	100	167	5,4	5,2	4,19	3,2
2	68	34,2	28,6	37	188	5,7	5,2	4,38	3,6
3	70	16,0	30,0	63	162	5,5	5,5	4,24	3,8
4	63	39,0	31,0	156	175	4,9	5,3	4,28	3,5
5	54	46,3	53,6	185	196	5,8	5,3	3,96	3,2
6	52	47,0	52,0	188	10	5,2	5,5	3,85	3,9
7	70	47,0	37,5	188	183	2,3	5,5	3,18	3,7
8	77	37,7	44,8	151	180	5,4	5,3	3,55	3,7
9	69	40,2	51,0	161	206	5,4	5,6	3,7	3,3
10	72	50,0	33,6	200	189	5,3	5,2	4,39	3,9
11	65	49,0	31,0	196	175	5,3	5,3	4,53	3,5
12	63	28,0	38,8	112	168	5,3	5,0	4,53	3,5
13	72	36,5	47,5	146	167	5,1	5,0	4,28	3,4
14	55	53,5	50,5	214	189	5,0	5,1	3,67	3,1
15	56	31,0	36,7	124	183	5,6	5,4	3,79	3,7
16	64	49,0	35,0	196	204	5,4	5,5	4,06	3,7
17	70	41,4	30,0	166	238	5,2	5,2	4,45	3,2
18	69	33,0	41,0	132	168	5,4	5,1	4,66	3,5
19	65	50,5	57,0	202	166	5,4	5,3	4,46	3,5
20	70	47,0	56,9	188	173	5,3	5,2	4,46	3,4
21	62	33,0	40,5	132	181	5,3	5,3	3,94	3,0
22	71	41,4	49,0	166	191	5,3	5,2	4,36	4,3
23	72	41,4	48,0	166	189	5,7	5,4	3,01	3,2
24	74	45,5	54,7	182	180	5,3	5,2	3,11	3,3

Pontos	Argila(%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> no solo (mg dm <sup>-3</sup> )		K <sub>2</sub> O no solo (mg dm <sup>-3</sup> )		ph (Agua)		MOS (%)	
	2005	2005	2009	2005	2009	2005	2009	2005	2009
25	62	39,0	47,0	156	168	5,0	5,3	4,31	3,3
26	57	50,0	58,0	200	171	5,2	5,4	4,34	3,3
27	51	37,7	37,5	151	158	6,0	5,1	4,5	3,2
28	54	46,3	58,6	185	213	5,5	5,2	3,79	3,0
29	64	37,7	42,2	151	190	5,2	5,2	3,74	3,9
30	60	34,2	43,0	137	171	5,2	5,1	3,36	2,9
31	62	35,3	45,3	141	161	5,2	5,3	3,08	3,5
32	63	41,4	50,5	166	181	6,0	5,5	2,67	2,8
33	65	55,3	69,5	221	202	5,6	5,0	3,94	3,8
34	71	22,0	35,0	89	192	5,2	5,5	3,52	3,7
35	74	40,2	51,8	161	176	5,8	5,2	3,55	3,7
36	67	70,0	79,8	280	218	7,4	6,2	3,45	3,8
37	62	29,0	40,2	116	151	5,2	5,5	1,55	1,5
38	60	36,5	54,3	146	173	6,3	6,2	2,05	2,9
<b>Mínimo</b>	<b>51</b>	<b>16,0</b>	<b>28,6</b>	<b>63</b>	<b>151</b>	<b>2,3</b>	<b>5,0</b>	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>
<b>Máximo</b>	<b>83</b>	<b>70,0</b>	<b>79,8</b>	<b>280</b>	<b>238</b>	<b>7,4</b>	<b>6,2</b>	<b>4,6</b>	<b>4,3</b>
<b>Média</b>	<b>65,2</b>	<b>40,4</b>	<b>45,4</b>	<b>162</b>	<b>182</b>	<b>5,4</b>	<b>5,3</b>	<b>3,8</b>	<b>3,4</b>

## ANEXO D - Atributos químicos do solo na área do Sr. Volnei Koeche. Vitor Graeff – RS. 2005-2009.

Pontos	Argila(%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> no solo (mg dm <sup>-3</sup> )		K <sub>2</sub> O no solo (mg dm <sup>-3</sup> )		ph (Agua)		MOS (%)	
	2005	2005	2009	2005	2009	2005	2009	2005	2009
1	59	12,3	23,9	212	148	5,8	5,3	3,1	3,4
2	54	21,3	43,1	304	201	5,9	5,4	3,2	3,3
3	48	19,5	41,6	180	130,5	5,6	5,1	3,4	3,7
4	47	14,0	28,0	172	171	6,0	5,6	0,6	3,0
5	60	34,2	34,0	272	197	6,0	5,7	3,1	3,2
6	56	32,0	53,0	288	231	6,0	5,4	3,7	3,8
7	51	16,3	40,0	176	152	6,7	5,6	2,5	3,1
8	55	53,0	58,9	160	151	5,9	2,01	2,0	2,6
9	64	52,1	62,6	364	201	5,2	3,59	3,6	3,9
10	62	20,5	37,0	220	195	6,0	3,13	3,1	3,2
11	65	27,0	32,3	312	213	6,5	5,8	3,9	4,2
12	66	20,5	34,3	244	178	6,5	5,7	2,2	2,7
13	39	30,0	43,0	184	150	6,1	5,7	6,9	3,8
14	37	35,3	38,8	132	138	6,6	5,8	2,3	2,7
15	51	22,3	27,3	256	178	6,1	5,8	2,4	2,9
16	55	13,0	32,3	188	175	5,9	5,5	2,5	2,6
17	48	18,5	33,1	176	154	6,1	5,6	2,1	2,7
18	36	22,3	48,2	168	156	5,9	5,7	2,1	2,6
19	38	24,0	33,7	204	139	6,2	5,8	2,5	2,9
20	44	32,0	26,2	240	155	6,5	5,7	2,5	2,8
21	43	39,0	44,8	236	154	6,0	5,8	3,1	3,4
22	37	37,7	35,1	256	158	5,7	5,7	2,7	2,9
23	40	16,3	24,7	76	99	6,1	5,5	2,0	2,7
24	39	25,0	33,4	140	116	5,9	5,6	2,5	3,2
25	54	30,0	30,9	256	177	6,0	5,8	2,4	2,5

26	50	24,0	24,0	256	150	5,9	5,6	2,3	2,9
27	40	27,0	32,3	248	172	6,1	5,7	2,3	2,5
28	42	18,5	26,8	280	134	6,1	5,5	2,1	2,7
29	48	25,0	29,8	136	145	5,7	5,4	2,4	2,8
30	36	32,0	30,0	240	134	6,2	5,3	3,0	2,8
31	38	18,5	28,6	156	136	5,7	5,4	2,4	3,0
32	35	20,5	34,8	148	118	5,8	5,7	2,2	2,7
33	47	20,5	23,9	220	168	5,9	5,5	2,7	3,1
34	45	19,5	34,9	284	190	5,8	5,6	2,4	2,8
35	44	21,3	28,6	224	153	5,7	5,4	2,6	2,9
36	33	18,5	25,1	232	155	6,0	5,4	2,3	2,7
37	34	13,0	23,0	204	122	5,9	5,3	1,9	2,6
38	36	34,2	43,0	252	181	5,9	5,7	2,9	3,2
39	37	26,0	41,3	304	175	6,0	5,5	2,9	3,5
40	39	12,3	35,5	260	179	5,8	5,5	3,1	3,5
41	34	42,8	52,0	180	147	5,5	5,6	2,4	2,7
42	42	23,3	34,9	224	151	6,3	5,5	0,6	2,7
43	43	15,0	31,0	204	125	5,5	5,4	2,8	3,1
44	45	15,8	30,0	220	100	5,7	5,4	2,5	2,8
45	48	18,5	42,0	152	131	5,9	5,5	2,5	3,1
46	47	12,3	35,8	116	131	5,7	5,5	2,3	2,6
47	44	25,0	33,6	168	112	5,8	5,4	2,5	2,8
48	50	32,0	43,0	188	106	5,3	5,3	2,5	2,9
49	46	31,0	44,7	120	129	5,6	5,4	2,5	2,9
50	42	36,5	49,2	188	135	5,4	5,3	2,1	3,2
<b>Mínimo</b>	<b>33</b>	<b>12,3</b>	<b>23,0</b>	<b>76</b>	<b>99</b>	<b>5,2</b>	<b>5,1</b>	<b>0,6</b>	<b>2,5</b>
<b>Máximo</b>	<b>66</b>	<b>53,0</b>	<b>62,6</b>	<b>364</b>	<b>231</b>	<b>6,7</b>	<b>5,8</b>	<b>6,9</b>	<b>4,2</b>
<b>Média</b>	<b>46</b>	<b>25,0</b>	<b>36,0</b>	<b>212</b>	<b>154</b>	<b>5,9</b>	<b>5,5</b>	<b>2,6</b>	<b>3,0</b>