

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

IMPACTOS DO PROGRAMA PISA- PRODUÇÃO INTEGRADA DE SISTEMAS  
AGROPECUÁRIOS - EM PROPRIEDADES LEITEIRAS DO RIO GRANDE DO  
SUL

PAULO CARDOZO VIEIRA  
Eng. Agrônomo/UFRGS

Dissertação apresentada como um dos requisitos à obtenção do Grau de  
Mestre em Zootecnia

Área de Concentração Plantas Forrageiras

Porto Alegre (RS), Brasil  
Junho, 2015.

CIP - Catalogação na Publicação

Vieira, Paulo Cardozo  
Impactos do Programa PISA - Produção Integrada de  
Sistemas Agropecuários - em propriedades leiteiras  
do Rio Grande do Sul / Paulo Cardozo Vieira. -- 2015.  
47 f.

Orientador: Paulo César de Faccio Carvalho.  
Coorientador: Olivier Bonnet.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa  
de Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS,  
2015.

1. Intensificação sustentável. 2. Manejo do  
pastoreio. 3. Produção de leite. 4. Planejamento  
forrageiro. 5. Diversificação. I. Carvalho, Paulo  
César de Faccio, orient. II. Bonnet, Olivier,  
coorient. III. Título.

PAULO CARDOZO VIEIRA  
Engenheiro Agrônomo

## DISSERTAÇÃO

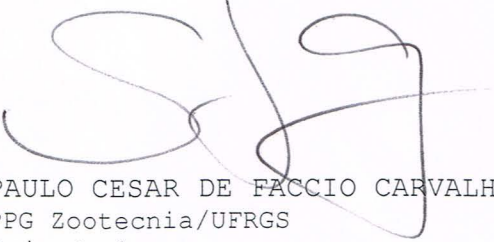
Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

### **MESTRE EM ZOOTECNIA**

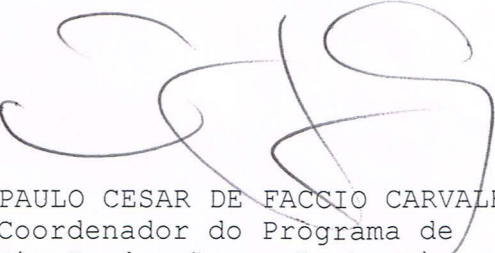
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia  
Faculdade de Agronomia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 03.07.2015  
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 02.09.2015  
Por



PAULO CESAR DE FACCIO CARVALHO  
PPG Zootecnia/UFRGS  
Orientador



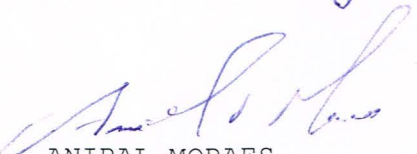
PAULO CESAR DE FACCIO CARVALHO  
Coordenador do Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia



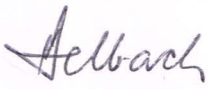
JAMIR LUIS SILVA DA SILVA  
EMBRAPA



ANTONIO JOSÉ QUEIROLO AGUINAGA  
SENAR/RS



ANIBAL MORAES  
UFPR - Curitiba/PR



PEDRO ALBERTO SELBACH  
Diretor da Faculdade de Agronomia

*“Por certo, compadre, as andanças da vida,  
nos trazem guarida, sentido e vivência;  
Pra um dia, quem sabe, voltar às origens,  
firmando raízes na velha Querência...”*

*Davi Teixeira*

## AGRADECIMENTOS

*Gostaria de agradecer à faculdade de Agronomia da UFRGS e aos seus funcionários e professores pelo ensino gratuito e de qualidade.*

*Ao PPG Zootecnia e ao CNPQ pela concessão da bolsa de estudos.*

*Desde 2007, quando ingressei no curso de agronomia, até os dias de hoje, o GPEP tem sido a minha “segunda” família, por isso gostaria de destacar aqui a minha gratidão por tudo o que estas pessoas me proporcionaram e me ensinaram durante este período de convívio, não posso deixar de mencionar algumas pessoas que foram fundamentais: Taise, Armindo, Jean Savian, Radael, Mezzalira, Lidi, Ian e Raquel.*

*Ao amigo Marcos Paladini por todo apoio e pelas valiosas conversas, à Ana Vogg pela pronta disposição e ajuda na digitação dos dados.*

*À SIA e a toda equipe, em especial aos colegas Marcelo Irala, Pepe, Rodrigo e Fabiano Baiotto, Fábio Seibt e Lídia por toda disponibilidade e ajuda com as planilhas dos diagnósticos sempre que necessário.*

*Ao professor Nabinger, pelas prosas, mates e por nos contagiar com a sua simplicidade e empolgação!*

*Ao meu coorientador Olivier Bonnet (um francês “quase” gaúcho), que muito contribuiu na minha formação e na orientação deste trabalho. Nestes últimos meses, pude “andar” por vários lugares do mundo e aprender (um pouco) a entender o que é ciência. Muito obrigado pela paciência!*

*Ao professor Paulo Carvalho, por aceitar ser meu orientador e por acreditar em mim. Sou muito grato por todos os ensinamentos, lições e oportunidades compartilhadas, que sempre fizeram toda diferença e deram um sentido maior à caminhada.*

*Ao amigo Davi Teixeira, tenho muito que agradecer! Por toda experiência compartilhada, por me incentivar, desde o início, a fazer o mestrado, por me amadrinhar no costado da escrita e, principalmente, pelo grande amigo que é!*

*À Vó Lela, minha vó “emprestada”, que me acolheu em sua casa. Muito obrigado por tudo que tens feito por mim!*

*A toda minha família! Esta conquista só foi possível graças ao esforço e empenho de vocês, desde sempre, por isso ela é nossa! É muito bom poder contar com vocês pra tudo! Mãe, Pai e Irmã querida, vocês são a minha referência e estão sempre comigo em qualquer lugar que eu ande!*

*Dedico esta conquista a todos os produtores rurais e suas famílias que fizeram e fazem o PISA acontecer! Gente de campo, simples e digna! Mesmo sem conhecê-los, tenho uma grande admiração e respeito.*

*Não se constrói nada sozinho! Esta dissertação carrega diversos esforços de pessoas que compartilham dos mesmos ideais e acreditam que é possível melhorar e transformar o meio em que vivemos!*

*Contem sempre comigo, assim como eu conto com vocês.*

**MUITO OBRIGADO**

## IMPACTOS DO PROGRAMA PISA- PRODUÇÃO INTEGRADA DE SISTEMAS AGROPECUÁRIOS- EM PROPRIEDADES LEITEIRAS DO RIO GRANDE DO SUL<sup>1</sup>

Autor: Paulo Cardozo Vieira

Orientador: Paulo César de Faccio Carvalho

**Resumo** – O PISA é uma metodologia apresentada pelo MAPA para fomento e difusão de tecnologias de produção sustentável para propriedades rurais. Seus principais pilares são o uso de boas práticas de produção como o plantio direto, a diversificação e a rotação de culturas, a integração lavoura-pecuária. A hipótese desse estudo foi de que a aplicação da metodologia PISA é capaz de promover a intensificação sustentável da produção em sistemas leiteiros do RS. O estudo foi realizado nas Missões, nos municípios de Guarani das Missões, São Paulo das Missões, Santo Antônio das Missões, Pirapó e São Nicolau, localizados no noroeste do RS. Foram avaliadas 54 propriedades rurais que participaram do PISA e que tem a produção de leite como atividade principal. O Projeto teve início em dezembro de 2011 com a realização do diagnóstico da situação inicial de cada propriedade e se estendeu até novembro de 2014. As informações utilizadas para o presente trabalho foram capturadas em uma base de dados referente às entrevistas realizadas com os produtores no início do projeto, após o primeiro, segundo e terceiro ano, respectivamente. Os dados levantados referem-se às variáveis de produção, de ocupação do uso do solo e de manejo empregado pelos produtores, como número de vacas em lactação, média de produção por vaca, dieta ofertada, área de cada cultivo, formas de manejo das pastagens e sistemas de cultivo. A média da produção de leite diária teve um aumento significativo de 33,7% ( $P < 0,001$ ). O aumento da produção total de leite ( $L \cdot propriedade^{-1} \cdot dia^{-1}$ ) foi relacionado ao aumento do número de vacas em lactação ( $P < 0,001$ ,  $R^2 = 0,41$ ), que ocorreu em 76% das propriedades. Foi observado incremento na produção de leite em 89% das propriedades avaliadas, houve modificação nas práticas utilizadas pelos produtores tanto no critério relacionado ao manejo do pasto como na forma de plantio das culturas, onde a grande maioria dos produtores (96,1%), passou a adotar o controle da altura como principal critério de manejo da pastagem. As ações de intervenção propostas pela metodologia PISA promoveram impactos positivos nas propriedades avaliadas. Os principais fatores determinantes dos aumentos produtivos foram a organização de uso das áreas e a adoção do método de pastoreio “rotatínuo”. A adoção da prática do plantio direto e do manejo adequado das pastagens constituíram as principais ferramentas utilizadas pelo PISA para promoção da qualidade dos ambientes de produção, conservação de recursos naturais e otimização do uso de nutrientes na interface solo-planta-animal.

**Palavras chave:** Intensificação sustentável, PISA, produção de leite, manejo rotatínuo

<sup>1</sup>Dissertação de Mestrado em Zootecnia – Plantas Forrageiras, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil (47p.), Junho, 2015.

## IMPACTS OF THE PROGRAM PISA- INTEGRATED PRODUCTION OF AGRONOMIC - IN DAIRY FARMS OF RIO GRANDE DO SUL<sup>1</sup>

Author: Paulo Cardozo Vieira

Advisor: Paulo César de Faccio Carvalho

**Abstract** – The PISA program is a method from MAPA for promotion and diffusion of sustainable production technologies in rural area. This method lies on conservationist production technics like no-till, diversification and rotation of the crop or integrated crop-livestock systems. This study questions the success of the PISA program to promote sustainable intensification in dairy farm from the Rio Grande do Sul. We analysed data from 54 dairy farms situated that participate in the PISA program in the Missões region, North-Este of the state, including the city areas of Guarani das Missões, São Paulo das Missões, Santo Antônio das Missões, Pirapó e São Nicolau. The Project started in 2011 with a diagnostic of the initial situation of the farms and extended until November 2014. We based the present study on interviews and milk production reports conducted at the beginning of the study, two and three year later. Main variables refer to milk production (total, per head and number of animals in production), soil use (e.g. no-till vs. tillage, area for each cultivate, system of rotation) and resource management (e.g. pasture management, quantity of feed and silage offered). Between 2011 and 2014, milk mean daily production increased in 89% of the farms resulting in a significantly mean increased of 33,7% ( $P<0.001$ ). This increase was significantly related to an increase in the number of dairy cattle ( $P<0.001$ ,  $R^2=0.41$ ) that occurred in 76% of the farms. Farmers significantly change their management practices. No-till management increasing from 19 to over 70% of the cultivated areas, and grazing management based on sward height increase from one third to 96,1%. The PISA program, by successfully implementing sustainable management practices, resulted in highly significant positive result regarding milk productivity. Main practices that resulted in this success were no-till practices, a better organisation in the use of the area and rigorous grazing management based on low intensity/high frequency rotational grazing (i.e. "rotatíno"). Through these changes in management practices, the PISA program promoted more sustainable and more productive farm systems, better conservation of soil natural resources and optimisation of nutrient uses at the soil-plant-animal interface.

**Key words:** Sustainable intensification, PISA, milk production, rotational stocking

---

<sup>1</sup>Master of Science dissertation in Forrage Science – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (47p.), June, 2015.

## SUMÁRIO

<b>1 CAPÍTULO I</b> .....	<b>11</b>
1.1 INTRODUÇÃO .....	12
1.2 HIPÓTESE DE ESTUDO .....	13
1.3 OBJETIVO .....	13
1.4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
1.4.1 A intensificação de sistemas agropecuários: o dilema ‘produção vs. ‘conservação’ .....	14
1.4.2 O SIPA como alternativa de intensificação sustentável .....	16
1.4.2.1 Histórico do programa PISA.....	17
1.4.2.2 O SIPA em sistemas leiteiros de produção .....	17
1.4.2.3 ‘Pastoreio Rotatínuo’: inovação tecnológica para sistemas integrados .....	19
<b>2 CAPÍTULO II</b> .....	<b>22</b>
Impactos do programa PISA- Produção Integrada de Sistemas Agropecuários - em propriedades leiteiras do Rio Grande do Sul .....	<b>22</b>
2.1 Introdução .....	24
2.2 Material e Métodos.....	25
2.2.1 Local e caracterização da região e do objeto de estudo .....	25
2.2.2 Arranjo institucional e metodologia de intervenção tecnológica .....	25
2.2.3 Época de avaliações e variáveis analisadas .....	26
2.2.4 Análise de dados.....	27
2.3 Resultados .....	28
2.4 Discussão.....	33
2.5 Conclusão .....	36
2.6 Referências.....	37
<b>3. CAPÍTULO III</b> .....	<b>39</b>
3.1 Considerações finais .....	40
<b>4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>41</b>
<b>5. VITA</b> .....	<b>47</b>



## RELAÇÃO DE TABELAS

CAPÍTULO II	<b>Produção Integrada de Sistemas Agropecuários como ferramenta para intensificação sustentável em propriedades rurais</b>	
Tabela 1.	Caracterização média das 54 propriedades no início projeto.....	25
Tabela 2.	Descrição das variáveis utilizadas para análise dos impactos do PISA.....	27
Tabela 3.	Média e desvio padrão dos indicadores de produção de leite e de caracterização do uso da terra das 54 propriedades analisadas.....	29
Tabela 4.	Evolução da adoção de tecnologias propostas em manejo de pastagens, conservação e diversificação da ocupação espaço-temporal pelos animais em pastejo.....	30

## RELAÇÃO DE FIGURAS

CAPÍTULO I	.....	11
Figura 1.	Taxa de ingestão de matéria seca durante o rebaixamento do pasto (% da altura inicial ótima) por novilhas em pastos de <i>Sorghum bicolor</i> Moech (□; Fonseca et al., 2012) e <i>Cynodon sp.</i> Cv Tifton 85 (■; Mezzalira et al., 2014).....	21
CAPÍTULO II	<b>IMPACTOS DO PROGRAMA PISA- PRODUÇÃO INTEGRADA DE SISTEMAS AGROPECUÁRIOS- EM PROPRIEDADES RURAIS DO RIO GRANDE DO SUL</b>	
Figura 2.	Razão da produção de leite entre os diagnósticos T0 e T3 em função da área útil de cada propriedade no T0 (valores superior a 1 significam aumento de produção diária de leite). O tamanho de cada círculo é proporcional ao volume de leite diário de cada propriedade no diagnóstico T0.....	29
Figura 3.	Razão da produção total de leite por propriedade ( $L \cdot \text{propriedade}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ ) em função da razão do número de vacas em lactação entre os diagnósticos T0 e T3. As linhas pontilhadas representam que a relação é igual a 1 (sem modificação entre os diagnósticos T0 e T3). A contínua diagonal representa um aumento da produção total de leite proporcional ao aumento do número de vacas em lactação. (a) Tamanho dos círculos proporcional à produção de leite diária por vaca em T0. (b) símbolo de cada ponto é função da evolução entre o T0 e no T2 para o critério de manejo do pasto adotado.....	31
Figura 4.	Razão do número de vacas em lactação em função das razões das áreas com pasto de verão (a) e pastos de inverno (b) entre os diagnósticos T0 e T3. O tamanho dos círculos é proporcional ao número de vacas em lactação em T0.....	31
Figura 5.	Razão do número de vacas em lactação (a), da produção por vaca (b) e da produção total de leite (c) em função da evolução do critério de manejo do pasto adotado entre os diagnósticos T0 e T3. A legenda “Alt-Alt” significa que não houve mudança do critério de manejo pelos produtores, pois o manejo já era efetuado pelo critério das alturas, as legendas “Dia-Alt” e “Rapar-Alt” significam que houve mudança no critério de manejo pelo produtores de T0 para T3, tanto dos produtores que utilizavam o critério de manter um piquete por dia, como dos produtores que utilizavam o critério de rapar a pastagem.....	32
Figura 6.	Razão da produção de leite por vaca entre os diagnósticos T0 e T3 em função das relações de oferta diária de silagem (a) e razão (b).....	33

**LISTA DE ABREVIATURAS**

ha	Hectare
kg	Quilograma
L	Litros
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
MN	Matéria Natural
Nº	Número
PISA	Produção Integrada de Sistemas Agropecuários
RS	Rio Grande do Sul
SIPA	Sistemas Integrados de Produção Agropecuária
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## **1. CAPÍTULO I**

## 1.1 INTRODUÇÃO

A produção agrícola alimenta mais de 7,2 bilhões de pessoas em todo o mundo. Nos últimos 40 anos a produção global de cereais dobrou (FAO, 2001) devido ao uso de fertilizantes, pesticidas, cultivares modernas e outras tecnologias da “Revolução verde” (Tilman et al. 2001). Em 2050, a demanda global por alimentos está projetada para duplicar e a população mundial aumentará 50% (Cassman 1999; Alexandratos 1999) ultrapassando 9 bilhões de pessoas.

Segundo Foley et al. (2011), nunca as áreas agrícolas do planeta foram cultivadas com tanta intensidade, além de frações cada vez maiores de grãos sendo utilizados para outros fins que não a alimentação humana, destinados para alimentação de animais e biocombustíveis, por exemplo. Este efeito tem acelerado a perda de biodiversidade dos ecossistemas, com projeção de extinção de 1 a 10% das espécies do mundo nos próximos 25 anos (Gaston & Fuller 2007).

Os principais desafios estão em dobrar a produção global de alimentos e sustentar esta produção de forma que não comprometa a integridade ambiental (Tilman et al., 2001; Vitousek et al. 1997). Conway (1997) afirma que esses desafios exigirão mudanças na forma como os alimentos serão produzidos e distribuídos e que essas mudanças serão semelhantes às que ocorreram nas revoluções industrial e agrícola, nos séculos 18 e 19, respectivamente.

Neste contexto, os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPAs) surgem como um modelo alternativo de produção de alimentos, através do aumento das interações ecológicas entre os diferentes usos da terra que podem aumentar a ciclagem de nutrientes, melhorar a qualidade do solo e aumentar a biodiversidade, preservando os recursos naturais e o meio ambiente (Lemaire et al. 2014). Dentro desta temática, o programa PISA (Produção Integrada de Sistemas Agropecuários) compartilha e engloba esta mesma filosofia de produção. Criado no Brasil em 2007, o PISA é uma ferramenta do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) formatado para fomento e difusão de tecnologias de produção sustentável em propriedades rurais brasileiras, seguindo princípios de conservação e bom manejo dos recursos naturais disponíveis (solo, água, nutrientes). No RS, este programa teve início em 2008 com a constituição de um Comitê Técnico Gestor (CTG) na região das Missões e a implementação da metodologia de intervenção tecnológica em uma propriedade leiteira no município de São Nicolau – Unidade PISA Granja Ortiz.

A partir dos expressivos impactos observados na Granja Ortiz, tanto produtivos quanto relacionados à qualidade do ambiente e desenvolvimento social da família Ortiz, o PISA foi sendo multiplicado para outras propriedades rurais de diversas regiões do RS. Atualmente existem cinco projetos PISA em operação no RS, com capacitação continuada por três anos em mais de 500 propriedades rurais de diferentes regiões estado, além do primeiro projeto PISA já finalizado ao final de 2014 em outros 77 estabelecimentos.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar e discutir os principais impactos do Programa PISA em propriedades rurais do RS, considerando-se

propriedades produtoras de leite do primeiro projeto desenvolvido e sua evolução no que tange a adequação do processo produtivo aos princípios de intensificação sustentável preconizados pela metodologia do Programa PISA.

## **1.2 HIPÓTESE DE ESTUDO**

A aplicação da metodologia PISA promove a intensificação sustentável em sistemas leiteiros através do aumento de produção e produtividade com redução simultânea do uso de insumos e conseqüente melhoria da eficiência de transformação e da qualidade dos ambientes de produção.

## **1.3 OBJETIVO**

Avaliar os principais impactos relacionados à produção e ao ambiente produtivo em propriedades rurais do Projeto PISA no RS, através da alteração no volume de leite produzido, eficiência do uso de insumos por unidade produzida e na adoção de práticas como plantio direto e manejo adequado de pastagens.

## 1.4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1.4.1 A intensificação de sistemas agropecuários: o dilema 'produção vs. conservação'

Historicamente, a maioria dos paradigmas da agricultura se concentrou em aumentar a produção e melhorar a produtividade, muitas vezes em detrimento do meio ambiente (Foley et al. 2005; Defries et al. 2004). Da mesma forma, os esforços por parte dos ambientalistas para a conservação do ambiente não contemplaram a necessidade global de produzir alimentos. Recentemente é que algumas iniciativas têm sido desenvolvidas para dar direcionamento sinérgico a ambos, como o programa PISA (Produção Integrada de Sistemas Agropecuários) que busca a intensificação sustentável dos sistemas produtivos. Porém, as divergências entre produção e conservação permanecem correntes nas discussões sobre o uso do solo no planeta.

A expansão da agricultura nos ecossistemas tem efeito direto sobre a biodiversidade, armazenamento de carbono no solo e na redução dos serviços ecossistêmicos (Foley et al. 2005; Tilman et al. 2001). Anualmente, estima-se que sejam comprometidos mais de 5 milhões de hectares de florestas (Mayaux et al. 2005). No mundo todo, a agricultura foi responsável pela substituição de 70% das pastagens, 50% das savanas, 45% das florestas temperadas e 27% das florestas tropicais (Ramankutty et al. 2008). Além disso, é a maior responsável pela contaminação de cursos d'água com nitrogênio e fósforo (Bennett et al. 2001). Algumas análises sugerem que os benefícios da produção de alimentos pela agricultura sob áreas tropicais desmatadas são, muitas vezes, limitados quando comparados com os danos ambientais acumulados, pois o saldo dos ganhos em produção é mínimo quando comparados aos impactos ambientais (West et al. 2010). Atualmente, a agricultura está em rápida expansão nos trópicos, esta expansão é preocupante, pois as florestas tropicais possuem grande biodiversidade, a qual é fundamental para o funcionamento dos serviços ecossistêmicos (Foley et al. 2007).

Segundo Bommarco et al. (2013) o conceito de serviços ecossistêmicos une interesses da ecologia e da sociedade e existem diversas escalas e interações na natureza destes serviços, como regulação do clima, controle de pragas, polinização das culturas, ciclagem de nutrientes, formação do solo, produção de alimentos, educação ambiental, entre outros. Neste contexto, existem duas principais definições que merecem ser destacadas: "Os serviços ecossistêmicos podem ser definidos como os benefícios que os seres humanos obtêm dos ecossistemas" ou: "Os serviços ecossistêmicos podem ser definidos como processos ou condições que levam a benefícios para os seres humanos" (Costanza, et al. 1997) . Ambas as definições sugerem a necessidade de entendimento das relações entre a produção agropecuária e a conservação dos ambientes produtivos, além da preservação de remanescentes vegetais originais, permitindo uma ampla discussão sobre intensificação sustentável a partir da construção de mosaicos de ocupação espaço-temporal da terra e seus desdobramentos em impactos ambientais na

escala de paisagem e na escala global.

As paisagens devem prestar mais serviços ecossistêmicos do que a simples produção agrícola, tais como a regulação do clima e regulação da água, por exemplo, caracterizando uma “agricultura multifuncional” (Renting et al. 2009). Para a intensificação sustentável, o principal interesse é o conhecimento da gestão dos processos para que haja manutenção das produções com redução dos impactos ambientais. Existem poucas evidências de intensificação sustentável em regiões temperadas, parte disso se deve ao fato de que a escala de análise que quantifica as alterações nos níveis de produção e nos impactos ambientais, tem sido em nível nacional, o que dificulta analisar se essas duas variáveis estão ocorrendo nas mesmas propriedades rurais avaliadas (Firbank et al. 2008). Franzluebbbers et al. (2010) afirmam que a redução da diversidade de culturas, nos mosaicos de paisagens, reduz a realização potencial dos serviços ecossistêmicos.

Existem grandes variações de rendimentos das culturas em todo mundo, mesmo entre regiões com potenciais produtivos semelhantes, o que sugere a existência de “lacunas de rendimento”. Essas lacunas referem-se à diferença existente entre o rendimento observado em determinada região, e o rendimento potencial da cultura nesta mesma região. O aumento da produção de alimentos sem a expansão da área cultivada implica em maior produção dos sistemas agrícolas já existentes, assim, o aumento de produtividade das culturas ganha maior importância em regiões com baixa média de rendimentos agrícolas (Licker et al. 2010; Neumann et al. 2010). Apenas 10% das terras agrícolas do mundo são responsáveis por 32% do excesso global de nitrogênio e 40% do excesso de fósforo, no entanto, a insuficiência de nutrientes é o grande responsável pelas lacunas de rendimento em grande parte dos sistemas agrícolas (Foley et al. 2011).

A sociedade não aceita mais que a intensificação e a especialização dos sistemas agrícolas nos países industrializados tenha relação com o aumento do potencial dos impactos negativos sobre o meio ambiente (Tilman et al. 2002). Segundo Franzluebbbers et al., (2010), as principais consequências da especialização e da simplificação da agricultura através da homogeneização dos sistemas agrícolas, junto com o aumento do uso de insumos químicos, são a contaminação da água subterrânea, o aumento das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera e a perda de biodiversidade dos ecossistemas. Para os países onde a produção agrícola já opera em níveis perto do potencial, a intensificação ecológica surge como uma estratégia com o objetivo principal de reduzir os custos ambientais através da potencialização dos serviços ecossistêmicos (Bommarco et al. 2013). Segundo Zhu et al. (2000); Wolfe (2000), a diversificação de culturas, quando praticada em escala de paisagem, pode proporcionar uma redução altamente eficaz das principais doenças em função do aumento das interações interespecíficas que promovem maior equilíbrio ecológico.

Ainda são necessários amplos estudos para a compreensão das dimensões econômicas e sociais que a intensificação sustentável pode ocasionar (Garnett et al., 2013). Conforme Carvalho e Batello (Carvalho & Batello 2009), as novas medidas políticas deverão estar fundamentadas em informações qualitativas e quantitativas da importância dos ecossistemas no



contexto produtivo, onde a produtividade das culturas deve ser uma consequência e não uma causa central. Para isto, a ciência deve superar esta contradição entre a necessidade de aumentar a produtividade dos sistemas agrícolas e reduzir a degradação do meio ambiente (Lemaire et al. 2014).

#### **1.4.2 O SIPA como alternativa de intensificação sustentável**

Os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPAs) são sistemas que buscam a diversificação de culturas para promover interações ecológicas entre os diferentes componentes do ecossistema produtivo, ocasionando maior eficiência na ciclagem de nutrientes, manutenção dos recursos naturais e do meio ambiente e aumento da biodiversidade (Lemaire et al. 2014). Os SIPAs englobam uma série de ferramentas, dentre elas, a ILP (Integração Lavoura-pecuária) ganha destaque em função da capacidade de aumentar a produtividade e, ao mesmo tempo, promover a manutenção dos serviços ambientais (Carvalho et al. 2005). Para Franzluebbbers (2007), a ILP é capaz de melhorar a robustez e a produtividade dos sistemas agrícolas, reduzir a necessidade de insumos externos, aumentar a estabilidade econômica e a diversidade, além de reduzir a poluição ambiental vinda da agricultura. Os sistemas integrados são responsáveis pela maior parte da produção de carne e leite no mundo, (Herrero et al. 2009), como também, são responsáveis por 50% da produção total de cereais do mundo (Herrero et al. 2010). Para Wright et al. (2012), os SIPAs são fundamentais para a segurança alimentar e para a subsistência de milhões de pessoas nos trópicos e subtropicais, o maior desafio é fazer com que novas tecnologias apropriadas para a intensificação sustentável e informações cheguem até os pequenos produtores.

A integração da agricultura com animais, visando a produção de alimentos, já existe desde as antigas civilizações do período Neolítico, os sistemas de integração lavoura-pecuária são capazes de criar oportunidades para potencializar as interações ecológicas entre as diferentes atividades trabalhadas, o que faz com que os ecossistemas agrícolas sejam mais eficientes na ciclagem de nutrientes, manutenção dos recursos naturais, melhoria na qualidade do solo e aumento da biodiversidade (Hoagland et al., 2010). Nos países em desenvolvimento, a presença da pecuária tem um importante papel na segurança alimentar e na subsistência de milhões de pessoas (Herrero et al. 2010). Conforme Lemaire et al. (2014), os herbívoros domésticos não necessitam competir com os seres humanos por alimentos, uma vez que eles podem utilizar plantas ou partes delas inadequadas para a alimentação humana, como as pastagens, por exemplo, desde que as áreas com pastagens não substituam integralmente as áreas com cultivos de grãos. A integração lavoura-pecuária é um caminho sólido para o desenvolvimento agrícola também pela ótica das mudanças climáticas e a volatilidade dos preços agrícolas e dos insumos, pois são sistemas robustos capazes de superar tais ameaças (Milestad et al. 2012).

Os sistemas agrícolas seguem profundamente enraizados na era da energia barata e das tecnologias de insumos, sem comprometimento com os custos ambientais e sociais. Desta forma, é inegável a necessidade de mudanças nesses sistemas, onde a busca por ambientes diversificados com pastagens seja a grande meta (Franzluebbbers 2007). Lemaire et al. (2014)

também afirma que a integração lavoura-pecuária é capaz de atender simultaneamente aos objetivos de melhorar a produção agrícola e a segurança alimentar, além de preservar a qualidade ambiental dos ecossistemas. Para isso a diversificação dos sistemas de produção deve ser desenvolvida para adaptar-se aos diferentes ecossistemas do mundo, onde comprovadas práticas de gestão dos processos estejam combinadas com tecnologias inovadoras e com elevado grau de sustentabilidade.

#### **1.4.2.1 Histórico do programa PISA**

O programa PISA (Produção Integrada de Sistemas Agropecuários) é uma ferramenta do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) formatado para fomento e difusão de tecnologias de produção sustentável em propriedades rurais brasileiras, seguindo princípios de conservação e bom manejo dos recursos naturais disponíveis (solo, água, nutrientes). O PISA foi apresentado pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) pela primeira vez em novembro de 2007 no Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade da Universidade Federal do Paraná (UFPR) em Curitiba, onde definiu-se esta, como coordenadora nacional do programa e, no RS, a coordenação estadual ficou sob responsabilidade da UFRGS. A formatação da metodologia técnica ficou sob a responsabilidade destas universidades.

O PISA é um modelo de intensificação sustentável, cujas bases filosóficas estão orientadas para aumentar a produção e a produtividade de alimentos e, concomitantemente, reduzir os impactos ao ambiente (Carvalho 2013). A filosofia do PISA torna possível a sua aplicação em qualquer sistema agrícola de produção e em qualquer região, pois não representa “pacote” tecnológico específico para cada atividade. Os principais pilares do PISA são a integração lavoura-pecuária, a diversificação de culturas e as práticas de manejo conservacionistas como o plantio direto, por exemplo. O principal objetivo do Programa PISA é promover a intensificação sustentável dos sistemas de produção agropecuária no Brasil. No RS, tornou-se um programa de capacitação continuada a produtores rurais, através de um arranjo institucional composto pela coordenação técnica das universidades federais (UFPR/UFRGS), o Programa Juntos para Competir (SEBRAE/SENAR/FARSUL) e os parceiros locais (EMATER, prefeituras, associações, sindicatos, indústria), além do MAPA. Atualmente, existem no RS mais de 500 propriedades participantes, distribuídas em diversas regiões como Missões, Vale do Taquari, Alto Uruguai, Centro, entre outras.

#### **1.4.2.2 O SIPA em sistemas leiteiros de produção**

Em todo o mundo, mais de um bilhão de pessoas muito pobres (que vivem com menos de 1 dólar por dia) são alimentadas, principalmente, por alimentos produzidos por pequenos agricultores (Herrero et al. 2009). Ainda segundo esses autores, na grande maioria são propriedades caracterizadas pela produção diversificada e integrada com pecuária, com menos de 2 ha de área útil de terra. A integração lavoura-pecuária desempenha um papel fundamental no mundo, e no caso específico da produção de leite esses sistemas são responsáveis por 75% da produção mundial (Herrero et al. 2010).

A pecuária leiteira está presente em mais de 90% dos municípios do Rio Grande do Sul totalizando aproximadamente 134.000 produtores (IGL, 2015), sendo responsável por 6% do PIB (Produto Interno Bruto). Segundo dados da FAO (2013), a produção de leite constitui-se em fonte de renda e de nutrientes para mais de 750 milhões de pessoas no mundo todo, sendo esperado para 2025 um aumento de 25% de produção principalmente nos países em desenvolvimento. Para 2050, a demanda mundial por carne e leite deverá dobrar, influenciada principalmente pelo constante aumento do consumo de países em desenvolvimento (Delgado et al. 2001). Em longo prazo, as estratégias para a segurança alimentar e crescimento econômico do setor pecuário, incluindo-se o leite, deverão centrar-se na busca pela melhor eficiência de uso dos recursos (FAO, 2012).

Segundo McDermott et al.(2010), para seguir competitiva no futuro, a intensificação da produção deve ser uma meta, principalmente em pequenas propriedades de integração lavoura-pecuária. Para os pequenos agricultores, as principais barreiras são relativas ao alto custo de investimento em animais e alimentos de melhor qualidade e de conhecimento técnico. Em função disso, os investimentos públicos devem buscar superar essas barreiras através de estratégias que possam tornar acessível aos produtores o conhecimento de novas tecnologias para adequação e melhoria do processo produtivo. Segundo Bernués & Herrero (2008), algumas restrições técnicas e econômicas podem limitar o acesso das pequenas propriedades aos benefícios e as novas oportunidades geradas pelo constante aumento na demanda por leite e pelos produtos lácteos. Desta forma, pesquisadores e políticos devem estar atentos para disponibilizar opções técnicas viáveis também aos produtores que possuem maiores limitações específicas.

Um dos objetivos centrais da produção de leite é gerar renda agrícola líquida suficiente para os produtores (VandeHaar & St-Pierre 2006). Para alcançar este objetivo, em muitos países desenvolvidos da América do norte, Europa ocidental e Reino Unido, por exemplo, os produtores tem como objetivo central maximizar a produção de leite por vaca, utilizando dietas em confinamento, a base de alimentos concentrados (Capper et al. 2009). Já em alguns países desenvolvidos como a Irlanda e Nova Zelândia, a estratégia utilizada pelos produtores visa aumentar os lucros minimizando os custos de produção, utilizando as pastagens como alimentação principal dos animais (Shalloo et al., 2004). Para Capper et al. (2009), a produção de leite através das pastagens tem potencial para melhorar a sustentabilidade ambiental através da otimização dos recursos. Se considerarmos os SIPA como plataforma de inserção de pastagens de alto padrão para produção de leite em áreas agrícolas, estes potenciais produtivos podem atingir magnitudes ainda pouco conhecidas e com elevado nível de sustentabilidade ambiental.

A pecuária de leite é uma atividade relevante nas emissões de gases de efeito estufa (GEE), como o metano (CH<sub>4</sub>) e o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), sendo responsável por 2,7% das emissões globais de GEE (Gerber et al., 2010). Para evitar efeitos mais drásticos das mudanças climáticas, estudos sugerem que as emissões anuais globais de GEE devem ser reduzidas em até 80% até 2050 (Fisher et al., 2007), por isso a redução das emissões de GEE por unidade de área vem se tornando uma necessidade em modelos

tecnológicos para produção de leite (O'Brien et al. 2014). Para Leip et al., (2010) e Flysjö et al., (2011), estudos sugerem que os sistemas leiteiros baseados em pastagem quando comparados com sistemas leiteiros confinados, são capazes de emitir menos carbono por unidade de leite produzida, devido ao maior sequestro de carbono no solo pelas pastagens e conseqüentemente um balanço de carbono mais favorável ao meio ambiente.

Nas regiões tropicais, as áreas pastoris podem desempenhar papel significativo referente ao maior acúmulo de carbono no sistema e maior diversificação às pequenas propriedades agrícolas, contribuindo para a redução de potenciais mudanças climáticas (Reid et al. 2003). Para o futuro, a intensificação sustentável de sistemas integrados de produção agrícola leiteiros possui grandes oportunidades potenciais de contribuição para redução da pobreza e aumento da segurança alimentar mundial (Tarawali et al. 2011). Toma et al. (2013) afirmaram que a eficiência dos sistemas de produção não está limitada à alta produção de leite por vaca e que, em alguns modelos e anos de estudo, os sistemas com menor média de produção por vaca tem se mostrado mais eficientes.

Não há dúvidas de que a produtividade e a eficiência ambiental tenham que ser levadas em conta nas atuais e futuras avaliações e estratégias desenvolvidas, onde a melhor solução deverá contemplar um aumento contínuo na produção de leite com concomitante diminuição de impactos ambientais indesejáveis conforme proposto por Godfray et al. (2010).

#### **1.4.2.3 'Pastoreio Rotatínuo': inovação tecnológica para sistemas integrados**

As pastagens são fundamentais para regulação dos processos relacionados à atmosfera e aos ecossistemas, além de contribuir à preservação da biodiversidade por meio do aumento da diversidade de espécies e da maior complexidade das redes tróficas nos diferentes graus de escala dos habitats (Lemaire et al. 2014). Moraes et al. (2014) afirmam que o sucesso para que ocorram tais processos dependerá do manejo adequado dos animais em pastejo, onde o objetivo principal seja o de definir qual intensidade de pastejo ideal para que não prejudique os demais serviços.

As formas mais usuais de controle do pastejo são os métodos 'rotativo' e 'contínuo', onde a principal diferença é referente à alocação espaço-temporal dos bocados dos animais. No pastoreio rotativo existe maior controle desta alocação dos bocados em relação ao pastoreio contínuo (Briske et al., 2008). Atualmente, o uso do método de pastejo intermitente (rotativo), na grande maioria das situações, está desconectado em relação aos objetivos buscados, tanto em relação aos animais como às plantas, pois as estratégias adotadas não otimizam a colheita de nutrientes da forragem pelos animais, tampouco possibilitam a maior produção de forragem pelas plantas. A altura de entrada nas pastagens e a proporção removida pelo pastejo é o que determinam o sucesso da taxa de ingestão dos animais (Mezzalana et al. 2011). Em situações de campo o que geralmente se observa são decisões de manejo no sentido da máxima colheita instantânea de pasto, e não pela otimização da ingestão ao longo do ciclo das pastagens.

Como manipuladores do pastoreio, os produtores são quem definem

o momento de entrada e o tempo de ocupação de cada piquete em pastejo e, embora tente tomar suas decisões buscando sempre melhorar a eficiência dos processos envolvidos na produção de leite das suas propriedades, o principal critério adotado no manejo do pastoreio tem sido o de maximizar a eficiência de colheita de forragem pelos animais através da maior permanência dos animais em cada piquete durante cada ocupação. Resultado disso é um resíduo pós-pastejo com pouca área foliar e insuficiente para rápidas taxas de rebrota e recomposição do dossel forrageiro, o que acaba ocasionando diversas fontes de perda, desde a baixa eficiência fotossintética, com prejuízo do acúmulo subsequente de forragem, até a redução potencial da produção animal envolvida.

Carvalho et al. (2007) afirmaram que o manejo do pastoreio deve resultar na construção de estruturas de pasto que otimizem a colheita de forragem pelo animal, pois os animais preferem estruturas de forragem que possibilitem alta taxa de ingestão (Utsumi et al. 2009). Com esta nova filosofia de manejo, o pasto é trabalhado em piquetes, como no pastoreio rotativo, mas os critérios para o controle da desfolha são distintos e se assemelham aquele observado no pastoreio contínuo com correto ajuste da lotação, quando as demandas dos animais e das plantas conseguem ser simultaneamente atendidas. Neste caso, com base em estudos sobre a melhor otimização da taxa de ingestão dos animais, define-se uma altura ideal de entrada e de saída dos piquetes. Em função da altura de saída ser muito semelhante às alturas do método de pastoreio contínuo moderado, esta filosofia vem sendo denominada de “Pastoreio Rotatínuo” (Carvalho 2013).

Em pastoreio rotativo, o manejo eficiente é aquele que consegue garantir massa de folhas em quantidade e qualidade adequadas à máxima taxa de ingestão pelos animais, ao mesmo tempo em que a massa de forragem pós-pastejo também seja compatível com uma retomada rápida na rebrota do pasto. Fonseca et al. (2014), também afirma que o pastoreio rotativo deve garantir, ao final do período de ocupação do piquete, folhas em quantidade suficiente para assimilar a energia solar, ao mesmo tempo que não tenha sido prejudicado o processo de seletividade pelo ruminante. Esses autores e Mezzalira et al. (2014) encontraram valores ótimos similares para a porcentagem de rebaixamento da altura inicial pré-pastejo em diferentes espécies de gramíneas, onde até 40% da altura inicial pré-pastejo há taxa de ingestão constante, havendo linear redução da taxa de ingestão a partir do aumento desta proporção da altura inicial (Figura 1).

Na mesma linha de trabalho, Schons (2015) encontrou maior produção total de forragem, assim como massa de forragem colhida, ganho médio diário e ganho de peso vivo em experimento com pastagem de azevém comparando duas estratégias de manejo do pastoreio rotativo, uma considerada como manejo “rotativo clássico”, com maior aproveitamento do pasto e outra como “rotatínuo” considerando como meta o consumo de apenas 40% da pastagem. Note-se que um padrão de resposta semelhante foi observado em uma gramínea anual de ciclo invernal e porte baixo como azevém, da mesma forma que em uma outra anual de ciclo estival de porte alto como o sorgo, e ainda em uma perene de ciclo estival de baixo porte como o Tifton. Surge aí a primeira relevante informação na definição do critério de

manejo do Pastoreio Rotatínuo: permitir que os animais em pastejo rebaixem não mais do que 40% da altura de entrada do piquete em ocupação.

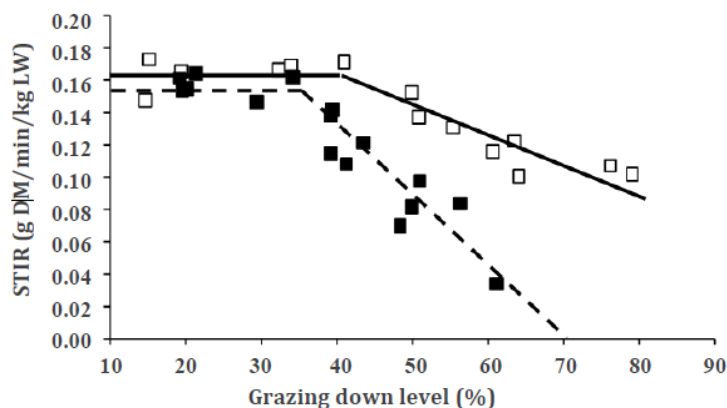


Figura 1: Taxa de ingestão de matéria seca durante o rebaixamento do pasto (% da altura inicial ótima) por novilhas em pastos de *Sorghum bicolor* Moech (□; Fonseca et al., 2014) e *Cynodon sp.* Cv Tifton 85 (■; Mezzalira et al., 2014).

Gonçalves et al. (2009) e Carvalho (2013) relatam que existe uma constante de proporcionalidade entre altura do pasto e profundidade do bocado, onde o animal em pastejo prioriza consumir o equivalente a até 50% da altura do pasto (Baumont et al. 2004), havendo mudança de horizonte quando a área ocupada pelo horizonte superior for menor que 25%. Fonseca et al. (2014) encontraram valores semelhantes variando de 15 a 30% da superfície ocupada pelo horizonte superior, havendo significativa mudança na taxa de ingestão. Esta é outra informação muito importante na definição do critério de manejo no Pastoreio Rotatínuo, qual seja: o rebaixamento promovido pelos animais ao longo do período de ocupação do piquete deve ser interrompido quando este ainda apresentar 20 a 25% da área sem ter sido pastejada. Desta forma o manejo estará muito próximo do ótimo, tanto para a produção animal individual daquele ciclo de pastejo como para o acúmulo de forragem da pastagem, que em última análise confere a produção animal de todo o ciclo de utilização do pasto.

A escolha por manejar o pastoreio no método Rotatínuo traz ainda outra questão sinérgica ao contexto dos sistemas integrados. As pastagens possuem papel fundamental na constituição dos sistemas integrados de produção agrícola devido à sua característica de multifuncionalidade (Lemaire et al. 2011) com capacidade de prestar vários serviços ambientais e ecossistêmicos como a prevenção da erosão do solo e aumento da diversidade (Kemp & Michalk 2007). Desta forma, o manejo do pastoreio é o elo entre a produção e a realização de tais serviços (Boval & Dixon 2012; Kemp & Michalk 2007), pois o processo de intensificação sustentável dependerá da manutenção e melhoria das condições de sustentabilidade e resiliência dos ambientes de produção frente ao desafio da produção em longo prazo. Carvalho (2013) afirma que esta nova filosofia de manejo do Pastoreio Rotatínuo é capaz de promover os melhores ganhos em produtividade e garantir o melhor equilíbrio para a potencialização da capacidade multifuncional das pastagens.

## **2. CAPÍTULO II**

### **IMPACTOS DO PROGRAMA PISA – PRODUÇÃO INTEGRADA DE SISTEMAS AGROPECUÁRIOS – EM PROPRIEDADES LEITEIRAS DO RIO GRANDE DO SUL<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup>Artigo elaborado conforme as normas do PPG-Zootecnia da UFRGS.

## IMPACTOS DO PROGRAMA PISA- PRODUÇÃO INTEGRADA DE SISTEMAS AGROPECUÁRIOS- EM PROPRIEDADES LEITEIRAS DO RIO GRANDE DO SUL<sup>1</sup>

Autor: Paulo Cardozo Vieira

Orientador: Paulo César de Faccio Carvalho

**Resumo** – O PISA é uma metodologia apresentada pelo MAPA para fomento e difusão de tecnologias de produção sustentável para propriedades rurais. Alguns de seus principais pilares são o uso de boas práticas de produção como o plantio direto, a diversificação e a rotação de culturas, a integração lavoura-pecuária. A hipótese desse estudo foi de que a aplicação da metodologia PISA é capaz de promover a intensificação sustentável da produção em sistemas leiteiros do RS. O estudo foi realizado na região das Missões, nos municípios de Guarani das Missões, São Paulo das Missões, Santo Antônio das Missões, Pirapó e São Nicolau, localizados no noroeste do RS. Foram avaliadas 54 pequenas propriedades rurais que participaram do PISA e que tem a produção de leite como atividade principal. O Projeto teve início em dezembro de 2011 com a realização do diagnóstico da situação inicial de cada propriedade e se estendeu até novembro de 2014. As informações utilizadas para o presente trabalho foram capturadas em uma base de dados referente às entrevistas realizadas com os produtores no início do projeto, após o primeiro, segundo e terceiro ano, respectivamente. Os dados levantados referem-se, principalmente, às variáveis de produção, de ocupação do uso do solo e de manejo empregado pelos produtores, como número de vacas em lactação, média de produção por vaca, dieta ofertada, área de cada cultivo, formas de manejo das pastagens e sistemas de cultivo. A média da produção de leite diária teve um aumento significativo de 33,7% ( $P < 0,001$ ). O aumento da produção total de leite ( $L \cdot \text{propriedade}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ ) foi relacionado ao aumento do número de vacas em lactação ( $P < 0,001$ ,  $R^2 = 0,41$ ), que ocorreu em 76% das propriedades. Foi observado incremento na produção de leite em 89% das propriedades avaliadas, houve modificação nas práticas utilizadas pelos produtores tanto no critério relacionado ao manejo do pasto como na forma de plantio das culturas, onde a grande maioria dos produtores (96,1%), passou a adotar o controle da altura como principal critério de manejo da pastagem. As ações de intervenção propostas pela metodologia PISA promoveram impactos positivos nas propriedades avaliadas. Os principais fatores determinantes dos aumentos produtivos foram a organização de uso das áreas e a adoção do método de pastoreio “rotatínuo”. A adoção da prática do plantio direto e do manejo adequado das pastagens constituíram as principais ferramentas utilizadas pelo PISA para promoção da qualidade dos ambientes de produção, conservação de recursos naturais e otimização do uso de nutrientes na interface solo-planta-animal.

**Palavras chave:** Intensificação sustentável, PISA, produção de leite, manejo rotatínuo.



## 2.1 Introdução

Nos últimos 40 anos a produção global de cereais duplicou, devido, sobretudo ao uso de fertilizantes, pesticidas, cultivares modernas e outras tecnologias da “Revolução verde” (Tilman et al. 2001). Historicamente, a intensificação da produção agrícola esteve alicerçada no uso excessivo de insumos e recursos não renováveis, havendo grandes prejuízos ao meio ambiente (ex. a contaminação da água subterrânea, o aumento das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera, perda de biodiversidade) (Franzluebbers 2010; Lemaire et al. 2014). O principal desafio para os gestores agrícolas é seguir atendendo a demanda por maiores volumes de alimentos para os próximos anos, de forma que não haja mais comprometimento da integridade ambiental (Vitousek et al. 1997; Bennett et al. 2001). Nos países desenvolvidos a sociedade não aceita mais que a intensificação e a especialização dos sistemas agrícolas tenham relação com o aumento do potencial dos impactos negativos sobre o meio ambiente (Tilman et al. 2002). A agricultura pode aumentar ainda mais os impactos ao meio ambiente ou pode mitigar os danos já ocorridos, a diferença está na forma como ela é praticada e executada. Lemaire et al., (2014) afirmam que a intensificação da agricultura e a mitigação dos impactos ao ambiente podem ocorrer simultaneamente, através da diversificação e integração das atividades agrícolas aliada às práticas de manejo conservacionistas, resultando no aumento da biodiversidade dos ecossistemas.

Os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) são capazes de promover a “Intensificação Sustentável” da agricultura, pois atendem tanto a demanda de aumento da produção de alimentos como a redução dos impactos ao ambiente. Esta capacidade provém da diversificação de culturas a nível de paisagem que promove maiores interações ecológicas entre os diferentes componentes do ecossistema produtivo, ocasionando maior eficiência de uso e de manutenção dos recursos naturais (Lemaire et al. 2014). Franzluebbers (2007) afirma que estas interações são capazes de reduzir a necessidade de insumos externos e melhorar a produtividade e a estabilidade dos sistemas agrícolas.

No Brasil, o processo de intensificação da agricultura tem seguido o mesmo modelo que os países desenvolvidos adotaram nas últimas décadas, podendo gerar diversos impactos negativos ao ambiente. Apesar desta tendência, existem algumas iniciativas que propõem o modelo de intensificação sustentável da agricultura, como o PISA – Produção Integrada de Sistemas Agropecuários (PISA), uma metodologia apresentada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Brasil (MAPA) para fomento e difusão de tecnologias de produção sustentável para propriedades rurais.

Os principais pilares do PISA são o uso de boas práticas de produção, como o plantio direto, a diversificação e rotação de culturas, os sistemas integrados de produção agrícola (SIPAs), entre outras (Carvalho 2013). A busca pelo melhor custo-benefício da produção, através do aumento da eficiência de uso dos insumos agrícolas, redução do custo de produção, bem estar animal e diminuição do uso de insumos externos, e otimização dos recursos disponíveis na propriedade fazem parte da filosofia do PISA. No Estado do Rio Grande do Sul, esta metodologia foi implementada em 2008 na

Região das Missões tomando como referência uma pequena propriedade leiteira do município de São Nicolau, no Noroeste do RS. Devido aos resultados bastante positivos, a partir de 2012 houve uma ampliação da aplicação da metodologia para 80 propriedades rurais da região por um período de três anos.

Este estudo teve como objetivo, avaliar os impactos da aplicação do PISA nestas propriedades, utilizando algumas variáveis de produção e de adoção do conjunto de práticas de manejo que a metodologia do programa emprega, além de validar estas práticas como alternativas para a intensificação sustentável dos sistemas de produção leiteiros no RS.

## 2.2 Material e Métodos

### 2.2.1. Local, caracterização da região e do objeto de estudo

O estudo foi realizado na região das Missões, nos municípios de Guarani das Missões, São Paulo das Missões, Santo Antônio das Missões, Pirapó e São Nicolau, localizados na Região Noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil (latitude 28°10'58" S, longitude 55°16'01" W e altitude média de 150 metros). O clima da região é subtropical úmido- Cfa (Koppen, 1938), com temperaturas elevadas na estação quente e precipitação média anual de 1.600 mm, com períodos estios de dezembro-janeiro e março-abril. Os tipos de solos predominantes são da ordem dos latossolos, argissolos e neossolos, com predomínio da classe dos latossolos vermelho distroférrico. A vegetação original da região era mata atlântica.

Foram avaliadas 54 propriedades rurais que participaram do Projeto PISA, que tem a produção de leite como atividade principal. A Tabela 1 apresenta um resumo da caracterização física das propriedades.

Tabela 1: Caracterização média das 54 propriedades no início projeto

Parâmetro	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
Área total (ha)	46,5	7,0	247	± 44,6
Área útil (ha)	36,8	4,7	144	± 31,8
Vacas em lactação (nº)	18,7	4,0	66	± 12,8

### 2.2.2. Arranjo institucional e metodologia de intervenção tecnológica

No RS a multiplicação do PISA foi viabilizada pelo Programa Juntos para Competir (JPC), uma parceria entre SEBRAE-RS, SENAR-RS, FARSUL, com coordenadoria nacional da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e coordenadoria estadual da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). A execução técnica do programa foi realizada pela empresa Serviço de Inteligência em Agronegócios (SIA), especializada na capacitação técnica em SIPA. Durante os três anos de vigência do projeto os produtores receberam 12 consultorias individuais do técnico da SIA (visitas técnicas de 4h propriedade<sup>-1</sup>), com intervenções tecnológicas e capacitação em PISA, além de cursos nas áreas técnica e gerencial, oferecidos pelo JPC.

Em cada consultoria eram realizadas intervenções de orientação

como: i) ajustes técnicos e planejamento das atividades junto aos produtores, ii) elaboração de um plano de uso do solo, iii) planejamento forrageiro, iv) organização de cronograma reprodutivo, v) sanidade e bem-estar animal, vi) higiene da ordenha, vii) orientação no manejo das pastagens, viii) balanceamento da dieta de vacas lactantes e ix) orientação de adequação à legislação ambiental.

Uma característica importante da aplicação da metodologia PISA é que em todas as visitas realizadas pelos consultores nas propriedades é realizado um caminhamento pelas áreas de produção, onde consultor e produtor monitoram as respostas de ações anteriores e realinham as ações de manejo para períodos subsequentes. Além dos ajustes de campo, previamente ao início das estações 'estival' e 'invernal' eram efetuados o planejamento forrageiro estacional, com alinhamento do plano de ocupação das áreas com as respectivas culturas utilizadas para alimentação dos rebanhos e geração de outros produtos.

### **2.2.3. Época de avaliações e variáveis analisadas**

O Projeto PISA teve início em dezembro de 2011 com a realização do diagnóstico de situação inicial de cada propriedade e se estendeu até novembro de 2014. As informações utilizadas para o presente trabalho foram capturadas em uma base de dados referente às entrevistas realizadas com os produtores no início do projeto, após o primeiro, o segundo e o terceiro ano, respectivamente. Os dados que foram coletados em três entrevistas denominadas de "Diagnóstico T0, T1, T2 e T3", realizadas em dezembro de 2011, entre janeiro e abril de 2013, entre janeiro e abril de 2014 e outubro de 2014, respectivamente. O "Diagnóstico T0", refere-se às informações que caracterizaram a realidade de cada propriedade no início do PISA. Os "Diagnóstico T1 e T2" referem-se ao término do primeiro e segundo ano do projeto, respectivamente. O "Diagnóstico T3", refere-se aos dados coletados no fim das atividades do projeto. Não foram realizadas entrevistas após o último ano do PISA com os produtores participantes, referentes ao Diagnóstico T3. Estas informações, produção de leite, número de animais e composição da dieta, foram coletadas de um banco de dados denominado 'Controles Produtivos', atualizados mensalmente pela equipe técnica do projeto. Foram coletados dados com algumas empresas de laticínios e cooperativas que adquirem o leite dos produtores da variável produção de leite (ex. volume mensal de leite no início e após os três anos do projeto), para aumentar a precisão da coleta destes dados. Estes dados são de aproximadamente 60% dos produtores analisados. Estes dados foram confrontados com os valores referentes ao volume de leite informado nos diagnósticos.

Na tabela 2 são apresentadas todas as variáveis coletadas dos diagnósticos T0, T1, T2 e T3, informados pelos produtores, juntamente com descrição de como estão compostas e demais informações relevantes.

Tabela 2. Descrição das variáveis utilizadas para análise dos impactos do PISA

Variável	Descrição
Área total (ha)	Área referente a toda propriedade, incluindo as áreas de produção, florestas nativas, benfeitorias e áreas inundadas.
Área útil (ha)	Área de produção, incluindo as áreas de cultivo agrícola e de campos nativos.
Área com plantio direto (ha)	Área em que a semeadura das culturas anuais é realizada sem revolvimento do solo.
Critério de manejo da pastagem (Dia; Rapar; Altura; Contínuo)	Critério adotado para trocar os animais de piquete (método de pastoreio rotativo) nos diferentes ciclos de pastejo, com as opções: 'Dia' (período de ocupação médio de 24 horas / piquete), 'Rapar' (quando praticamente não há mais forragem disponível para o pastejo), 'Altura' (troca de piquete respeitando as alturas ideais de entrada e saída da pastagem) e 'Contínuo' (com toda área da pastagem disponível para os animais e sem um critério mais bem definido para desocupação).
Índice de diversidade (Shannon)	Índice de diversidade de todas as culturas cultivadas em cada propriedade, calculado pelo índice de Shannon.
Área com pastagem anual de verão (ha)	Área calculada em função do somatório das áreas de pastagens cultivadas com milheto ( <i>Pennisetum glaucum</i> ), sorgo forrageiro ( <i>Sorghum bicolor</i> ) ou capim sudão ( <i>Sorghum sudanense</i> ).
Área com pastagem perene (ha)	Área calculada em função do somatório das áreas de pastagens perenes com tifton ( <i>Cynodon sp.</i> ), aruana ( <i>Panicum maximum</i> ) e braquiária ( <i>Brachiaria brizantha</i> ).
Área com pastagem anual de inverno (ha)	Área calculada em função do somatório das áreas de pastagens cultivadas com aveia-preta ( <i>Avena strigosa</i> ) e azevém ( <i>Lolium multiflorum</i> ), podendo estar consorciadas.
Área com silagem (ha)	Área calculada em função do somatório das áreas cultivadas com milho ( <i>Zea mayz</i> ) e sorgo para silagem ( <i>Sorghum bicolor</i> ).
Área com lavoura para grãos (ha)	Área calculada em função do somatório das áreas cultivadas para colheita de grãos, com soja ( <i>Glycine max</i> ), milho ( <i>Zea mayz</i> ), aveia ( <i>Avena sativa L.</i> ) e trigo ( <i>Triticum spp.</i> ).
Oferta diária de silagem (kg.MN/vaca/dia)	Quantidade diária de silagem em matéria natural oferecida para cada vaca em lactação.
Oferta diária de ração (kg.MN/vaca/dia)	Quantidade diária de ração em matéria natural oferecida para cada vaca em lactação.
Vacas em lactação (n <sup>o</sup> )	Quantidade de vacas em ordenha.
Produção de leite mensal (L)	Volume total de leite referente ao mês em que foi realizada cada entrevista. Os volumes coletados dos laticínios são referentes a outubro, novembro e dezembro de 2011 e 2014, respectivamente.
Produção Média de leite diária (L/vaca/dia)	Média de produção de leite diária por vaca, calculada pela média de leite mensal dividida pelos trinta dias do mês em função do número de vacas em lactação.

#### 2.2.4 Análise de dados

Foi utilizado o limite de 5% para considerar diferenças significativas nos testes estatísticos utilizados para analisar os dados. Todas as análises foram realizadas com o software estatístico R versão 2.12.0. Para comparar os valores dos indicadores de produção de leite e de caracterização do uso da terra entre o início e o final do projeto, foi realizado um teste "T" de Student para pares de amostras associadas de cada variável (foram usadas como pares de amostras associadas, os valores iniciais e finais das variáveis em cada propriedade). Não foi realizada análise estatística ou calculado o desvio padrão para as variáveis de litros de leite produzido por kg de silagem e litros de leite produzido por kg de ração, pois estas variáveis foram calculadas através da soma dos volumes totais de leite, de silagem e de ração de todas as propriedades, pois a quantidade de silagem e de ração diária em algumas propriedades estava igual a zero, impossibilitando o cálculo (divisão por zero)

propriedade por propriedade. O índice de Shannon, utilizado para caracterizar a diversidade do sistema de produção de cada propriedade foi calculado em função do número de culturas diferentes e da proporção da área útil ocupada por cada cultura em cada propriedade, utilizando a equação:  $A = \sum_{i=1}^S Pi \cdot \log(Pi)$  com  $Pi$  referente à proporção da cultura  $i$  em relação a área útil e  $S$  o número total de culturas na propriedade.

Foram realizadas análises de ANOVA baseado no teste F para determinar o efeito da mudança de critério de manejo adotado para efetuar a troca dos animais de piquete sobre a razão entre o final e o início do projeto i) da produção de leite por vaca.dia<sup>-1</sup>; ii) do número de vacas em lactação; iii) da produção total de leite.dia<sup>-1</sup>. Foi também incluído covariáveis em todos esses modelos: i) para a produção de leite por vaca.dia<sup>-1</sup>: leite por vaca.dia<sup>-1</sup> no T0 e a razão entre final e início do projeto nas quantidades de ração e de silagem usada por vaca; ii) para o número de vacas em lactação: o número de vacas no T0 e a razão entre final e início do projeto nas áreas de pasto de verão e de inverno; iii) para produção total de leite.dia<sup>-1</sup>: a produção total de leite.dia<sup>-1</sup> no T0. Para satisfazer as condições de homogeneidade e normalidade dos resíduos, foi necessária usar a transformação raiz quadrada para a razão do número de vacas em lactação e da produção total de leite.dia<sup>-1</sup>. As diferenças significativas entre os níveis de mudança de critério de manejo foram testadas por contraste. Realizaram-se todos os modelos baseados na distribuição homogênea de Gauss satisfazendo a condição de normalidade dos residuais.

### 2.3 Resultados

A Tabela 3 apresenta um resumo dos principais resultados em indicadores produtivos e uso da terra das propriedades avaliadas, ao início e ao final do segundo ano (variáveis de uso da terra) e do terceiro ano (indicadores produtivos e de oferta de complementos) do projeto.

Nas 54 propriedades avaliadas, a média da produção de leite passou de 298,7 L por dia em 2011 (T0) para 399,4 L por dia em 2014 (T3), o seja um aumento global significativo de 33,7% ( $P < 0,001$ ). Foi observado incremento na produção de leite em 89% das propriedades, as quais apresentaram média de 63% de aumento do volume de leite diário produzido (Figura 2). A produção diária de leite reduziu em 6 propriedades (11% do total), onde as reduções foram de 3, 4, 6, 9, 43 e 63%, respectivamente. Os maiores aumentos de produção de leite ( $> 2x$ ) foram restritos às pequenas propriedades (área útil  $< 30$  ha), com baixos valores de produção de leite no diagnóstico T0 ( $< 155$  L.dia<sup>-1</sup>, Figura 1). As reduções de 43 e 63% na produção diária de leite correspondem a duas propriedades que reduziram proporcionalmente o número de vacas em lactação (Figura 3a), uma em função da redução de área da propriedade e a outra devido à reorganização da estrutura do rebanho, em que parte dos animais foram comercializados. O número médio de vacas em lactação e a média de produção por vaca aumentaram, com diminuição importante no volume da oferta diária de silagem e sem alteração significativa no volume da oferta diária de ração (Tabela 3). Ao mesmo tempo, não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) nas áreas com pastagens de verão ou de inverno, nas áreas usadas para silagem e nas áreas de lavoura de grãos para consumo e venda (Tabela 3).

Tabela 3: Média e desvio padrão dos indicadores de produção de leite e de caracterização do uso da terra das 54 propriedades analisadas.

Variáveis	Início	Final	Variã o %	p value*
Leite total (L dia <sup>-1</sup> )	298,7± 267	399,4± 340	33,7	<0.001
Leite por vaca (L vaca <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	14,1± 4,4	15,8± 3,9	12,1	<0.001
Leite por ha (L ha <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	10,6± 8,4	15,2± 10,4	43,4	<0.001
Vacas em lactação	19,9± 13,1	24,2± 16,9	21,6	<0.001
Oferta de silagem (kg vaca <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	9,9± 9,3	5,7± 7,3	-57,6	0.005
Leite/silagem (L kg.silagem <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	1,4	2,8	100,0	-
Oferta de ração (kg vaca <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	3,2± 2,1	3,6± 1,4	12,5	0.18
Leite/ração (L kg.ração <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	4,3	4,3	0,0	-
Área com pastagem de verão (ha)	9,1± 8,9	10,7± 9,2	17,6	0.06
Área com pastagem de inverno (ha)	17± 14,3	14,8± 12,9	-14,9	0.21
Área de lavouras - comercialização (ha)	12,6± 22,1	10,5± 20,2	-16,6	0.17
Área de lavouras - consumo interno (ha)	1,8± 3,8	0,9± 1,7	-50	0.12
Área com silagem (ha)	3,9± 3,5	4,2± 3,9	7,7	0.58

Início = Diagnóstico T0; Final = Diagnósticos T2 (variáveis de uso da terra) ou T3 (variáveis de produção e oferta)

\* significativa pelo Teste "t" de Student para pares de amostras associados. Não calculado para as relações Leite/silagem e Leite/ração porque para esses valores foi considerado a soma tanto para produção de leite como para silagem e ração oferecida entre as propriedades.

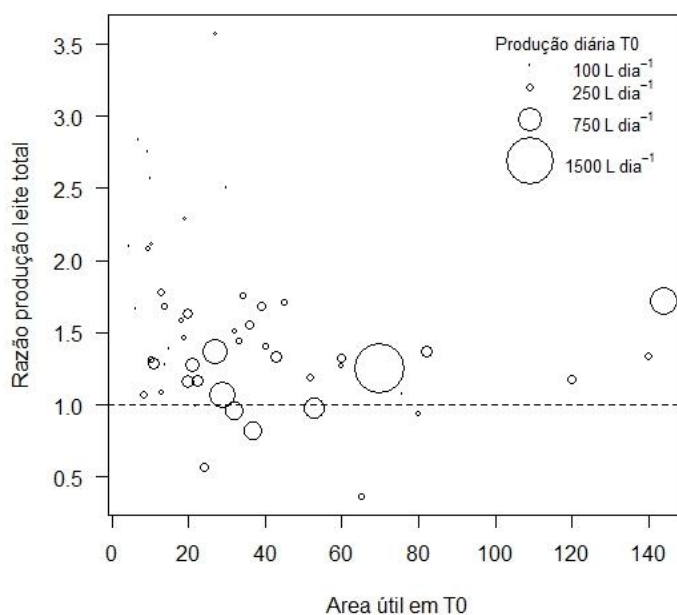


Figura 2: Razão da produção de leite entre os diagnósticos T0 e T3 em função da área útil de cada propriedade no T0 (valores superior a 1 significam aumento de produção diária de leite). O tamanho de cada círculo é proporcional ao volume de leite diário de cada propriedade no diagnóstico T0.

Houve modificação nas práticas utilizadas pelos produtores tanto no critério relacionado ao manejo do pasto como na forma de plantio das culturas (Tabela 4). Do T0 para o T2, a grande maioria dos produtores (96,1%), passou

a adotar o controle da altura como critério de manejo do pasto. A adoção da prática de plantio direto teve uma significativa participação já no primeiro ano do projeto, pois a proporção da área que era de apenas 19% no T0 aumentou para 78% no T1, voltando para valores um pouco menores no T2 (69%). A diversificação de culturas, calculada pelo índice de Shannon, não teve variação durante o período do projeto, pois já era considerada alta ( $>1$ ) no momento do diagnóstico T0.

Tabela 4: Evolução da adoção de tecnologias propostas em manejo de pastagens, conservação e diversificação da ocupação espaço-temporal do solo pelos animais em pastejo.

Variáveis de manejo	Porcentagem de adoção (%)		
	T0	T1	T2
Critério de manejo do pasto			
Rapar <sup>1</sup>	32,3	0	0
Dia <sup>2</sup>	32,3	12,2	3,9
Altura <sup>3</sup>	32,3	85,8	96,1
Contínuo <sup>4</sup>	3,1	2,0	0
Área com Plantio Direto	19	78	70
Índice de diversidade das culturas	1,42	1,48	1,39

<sup>1</sup> quando praticamente não há mais forragem disponível para o pastejo.

<sup>2</sup> período de ocupação médio de 24 horas por piquete.

<sup>3</sup> troca de piquete respeitando as alturas ideais de entrada e saída da pastagem.

<sup>4</sup> toda área da pastagem disponível para os animais e sem um critério para desocupação.

<sup>5</sup> Índice de diversidade de Shannon

O aumento da produção total de leite (L.proprietade-1.dia-1) está significativamente relacionado ao aumento do número de vacas em lactação (Figura 3a,  $P<0.001$ ,  $R^2=0.41$ ), que houve na grande maioria das propriedades (76%). Na Figura 3a, os pontos acima da linha pontilhada horizontal representam propriedades onde houve aumento a produção total de leite, e os pontos situados na direita da linha pontilhada vertical representam propriedade onde houve aumento no número de vacas em lactação. Os pontos situados acima da linha contínua diagonal mostram que o aumento da produção de leite total foi maior que a proporcionalidade de aumento do número de vacas em lactação, o que indica um aumento da produtividade de leite por vaca. Os pontos abaixo da linha diagonal indicam uma diminuição da produção de leite por vaca e correspondem em maioria as propriedades onde a produção por vaca já se encontrava elevada no T0 (média de 17 L.vaca-1.dia-1). Ainda assim, houve aumento da produção total de leite nesses casos devido ao aumento do número de vacas em lactação.

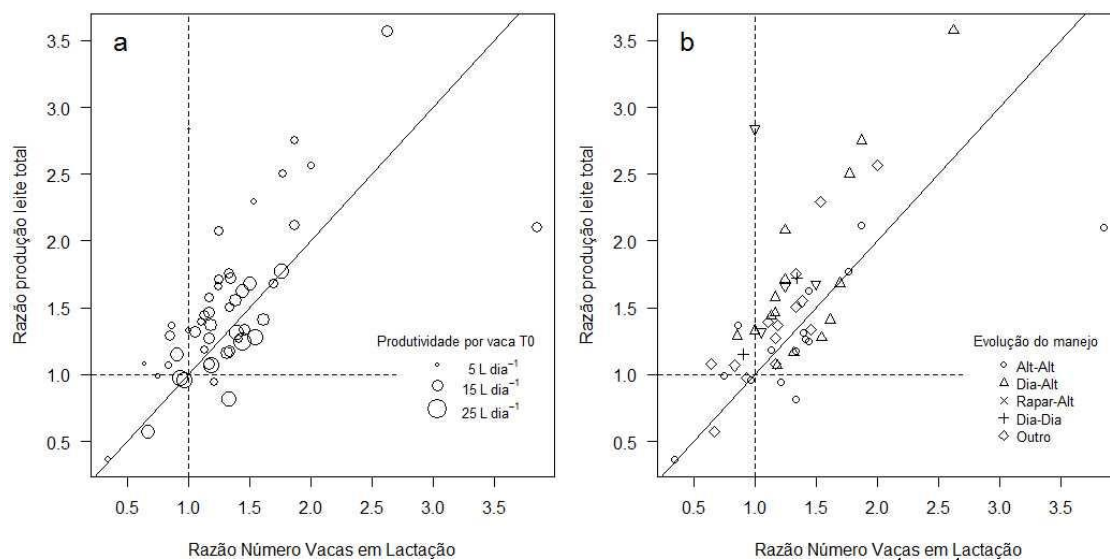


Figura 3: Razão da produção total de leite por propriedade ( $L \cdot propriedade^{-1} \cdot dia^{-1}$ ) em função da relação do número de vacas em lactação entre os diagnósticos T0 e T3. As linhas pontilhadas representam que a relação é igual a 1 (sem modificação entre os diagnósticos T0 e T3). A contínua diagonal representa um aumento da produção total de leite proporcional ao aumento do número de vacas em lactação. (a) Tamanho dos círculos proporcional à produção de leite diária por vaca em T0. (b) símbolo de cada ponto é função da evolução entre o T0 e no T2 para o critério de manejo do pasto adotado.

O aumento do número de vacas em lactação entre o T0 e o T3 ocorreu independentemente do número inicial de vacas em lactação no T0 ( $P=0.07$ , Figura 3). Na grande maioria das propriedades onde houve aumento do número de vacas em lactação, houve também um aumento nas áreas de pasto de verão (Figura 4a). Esta mesma relação não foi observada para os pastos de inverno (figura 4b). O aumento do número de vacas em lactação também não foi relacionado com as alterações dos critérios de manejo adotado para efetuar a troca dos animais de piquete ( $P=0.72$ , Figura 5a).

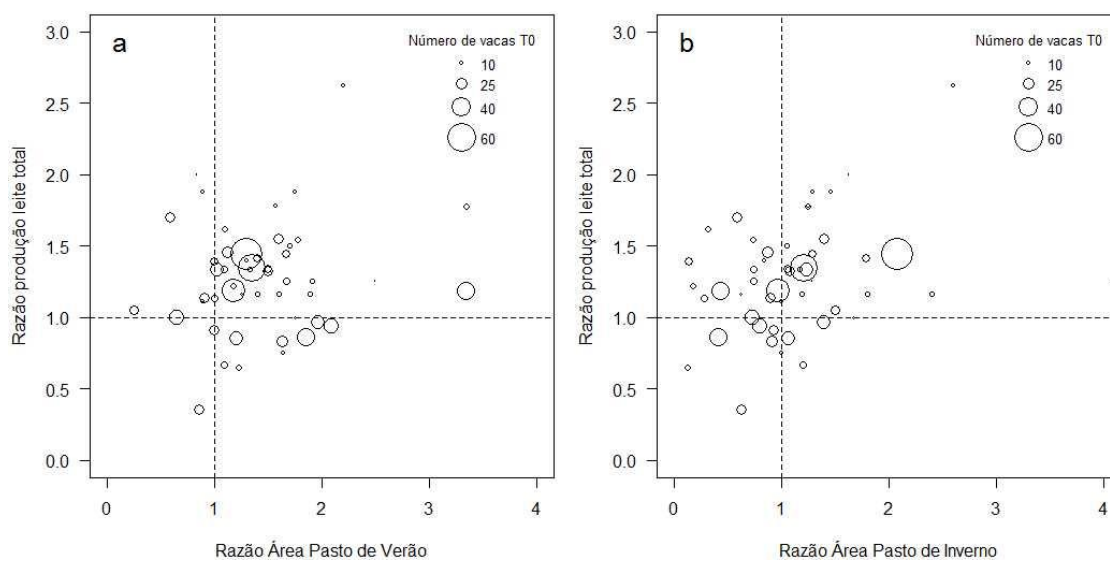


Figura 4: Razão do número de vacas em lactação em função das relações das áreas com pasto de verão (a) e pastos de inverno (b) entre os diagnósticos T0 e T3. O tamanho dos



círculos é proporcional ao número de vacas em lactação em T0.

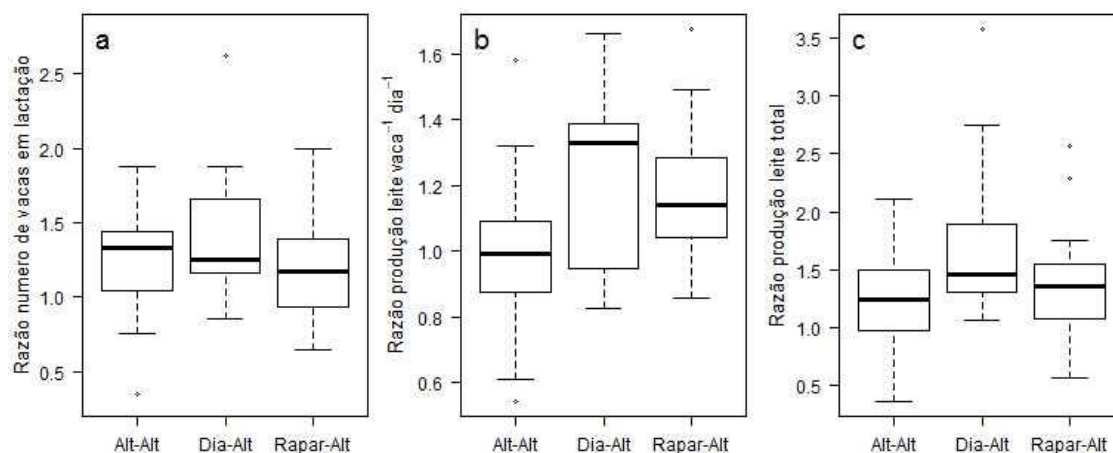


Figura 5: Razão do número de vacas em lactação (a), da produção por vaca (b) e da produção total de leite (c) em função da evolução do critério de manejo do pasto adotado entre os diagnósticos T0 e T3. A legenda “Alt-Alt” significa que não houve mudança do critério de manejo pelos produtores, pois o manejo já era efetuado pelo critério das alturas, as legendas “Dia-Alt” e “Rapar-Alt” significam que houve mudança no critério de manejo pelo produtores de T0 para T3, tanto dos produtores que utilizavam o critério de manter um piquete por dia, como dos produtores que utilizavam o critério de rapar a pastagem.

A alteração do critério de manejo adotado para efetuar a troca dos animais de piquete teve forte impacto na produção de leite por vaca entre os diagnósticos T0 e T3 ( $P=0.007$ , Figura 3b e 5b). Para as propriedades que adotaram o critério de manejo em função da altura ideal preconizada, houve aumento significativo na produção de leite por vaca (Figura 5b). O aumento da produção de leite por vaca não teve relação com a oferta diária de silagem (Figura 6a). De fato, a produção de leite por kg de silagem ofertada foi multiplicado por 2 entre os diagnósticos T0 e T3, sendo que a oferta média de silagem diária reduziu em 43% (Tabela 3). Em muitas propriedades que pararam de utilizar silagem, houve aumento da produção de leite por vaca (Figura 6a).

O efeito da quantidade de ração distribuída por dia por animal na produção de leite por vaca é mais complexo. Considerando todas as propriedades como um conjunto, a quantidade de leite produzida por kg de ração distribuída não variou entre os diagnósticos T0 e T3 (Tabela 3). Mas considerando primeiro as propriedades em que a oferta diária de ração era pequena no T0 ( $\leq 3 \text{ kg vaca}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ), houve aumento da oferta de ração (entre 1,5 e 6 vezes) junto com aumento, na maioria dos casos, da produtividade de leite por vaca (Figura 6b). Considerando agora as propriedades onde a oferta de ração era maior no T0 (entre 4 e 8  $\text{kg vaca}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ), houve redução ou manutenção da oferta de ração (Figura 6b). Nessas propriedades, não houve relação entre a variação da oferta de ração e o aumento da produção de leite por vaca, pois houve aumento da produção de leite por vaca mantendo ou reduzindo a oferta diária de ração. Houve até redução da produção de leite por vaca em propriedade onde a oferta de ração era alta no T0 ( $> 5 \text{ kg}$ ) e foi reduzida no T3 (Figura 6b).

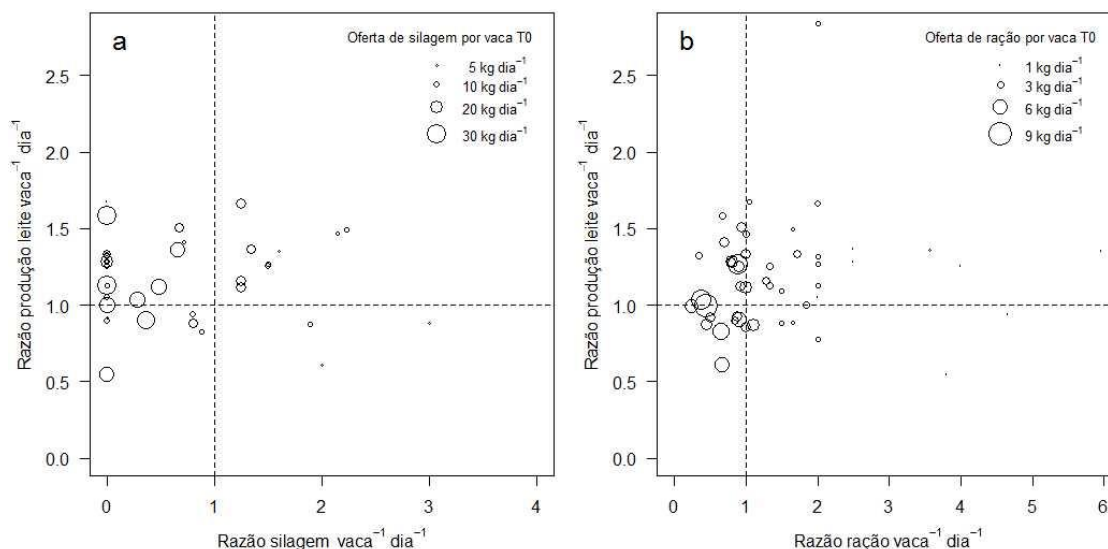


Figura 6: Razão da produção de leite por vaca entre os diagnósticos T0 e T3 em função das relações de oferta diária de silagem (a) e ração (b).

## 2.4 Discussão

A adoção da metodologia do PISA durante os três anos de vigência do projeto proporcionou um incremento significativo do volume de produção de leite da grande maioria das propriedades avaliadas. De forma geral, o processo de intensificação ocorreu fundamentado nos pilares de sustentação da filosofia do programa, como o uso de sistemas integrados de produção agropecuária associado ao sistema de plantio direto, ao bom manejo dos pastos, uso racional dos insumos e as condições de bem estar animal associadas à oferta de alimento não limitante. O planejamento alimentar dos rebanhos, na visão técnica do PISA, além de contemplar a simples organização dos recursos já disponíveis ao forrageamento, tem por premissa partir da correta implantação e manejo da base pastoril, para então complementar a dieta dos animais com silagem e ração conforme as exigências nutricionais que estejam além daquilo que pode ser capturado via pastagens. Isso, juntamente com a evolução nos critérios de manipulação da desfolha e práticas de conservação de solo, promove impactos fundamentais à maior eficiência produtiva e econômica das propriedades. Neste estudo, mesmo com redução em 42% na quantidade de silagem oferecida aos animais, houve aumento médio de 12% na produção diária por vaca, 22% no número de vacas em lactação e de 33,7% na produção de leite diária total (Tabela 3).

O aumento significativo da produção total de leite na grande maioria das propriedades ocorreu sem alteração da área útil das mesmas durante os períodos T0 e T3, resultando num incremento da produtividade (L ha<sup>-1</sup>) após o terceiro ano do projeto. Para propriedades com área útil menor que 30 ha a relação de aumento da produção total de leite duplicou, pois estas propriedades apresentavam baixa produção de leite no T0 (<15 litros vaca<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>), resultando num aumento expressivo tanto em número de vacas em lactação e da média como na produção diária média por vaca.

Concomitantemente ao aumento do número de vacas em lactação, houve diminuição da oferta diária de silagem para alimentação das vacas, sem alteração na oferta média de ração (Tabela 3), o que implica em maior papel das pastagens na dieta dos animais, principalmente, em função da melhora no manejo dos pastos (Figura 4b). Schons (2015) comparando duas estratégias de manejo do pastoreio rotativo em experimento conduzido com cordeiros em pastagem de azevém encontrou maior produção total de forragem, maior massa de forragem colhida, ganho médio diário e ganho de peso vivo  $ha^{-1}$  quando o critério de manejo objetivou consumir apenas 40% da altura inicial do pasto em comparação ao manejo “clássico” do pastoreio rotativo. O critério de manejo da pastagem em função da altura teve a adoção da grande maioria dos produtores, então o método de pastoreio “rotatínuo” pode ser considerado como um ponto-chave para o processo de intensificação sustentável da produção de leite pelos produtores do PISA, pois o bom manejo das pastagens possibilitou reduzir a necessidade de silagem para as vacas em produção.

Além das melhorias no manejo do pastoreio, a organização do uso do solo com os planos de produção integrada também promoveram aumento das áreas com pastagens de verão em 13% o que provavelmente melhorou a oferta de pasto na estação estival em relação ao início do projeto. O aumento da participação das pastagens na dieta dos animais, seja por mais área ou pelo manejo adequado, propiciou também uma adequação no uso dos alimentos concentrados, pois mesmo que não tenha havido variação na média da oferta de ração aos animais (Tabela 3), houve uma racionalização do uso, através do ajuste de oferta em função da exigência de cada vaca em lactação. Isso significa que propriedades que ofertavam pouca ração para as vacas aumentaram a relação de uso entre o T0 e o T3, e as propriedades onde a oferta diária já era elevada ( $> 4 \text{ kg vaca}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) diminuíram a relação da oferta diária (Figura 6b). Carvalho (2013) afirma que o pastoreio “rotatínuo”, além promover a racionalização da oferta de ração e a redução da demanda de silagem, propicia o melhor equilíbrio para a potencialização da capacidade multifuncional das pastagens, como a prestação de serviços ecossistêmicos, por exemplo, pois a realização de tais serviços dependerá do bom manejo do pastoreio.

Considerando a representatividade individual dos componentes: pasto, silagem e ração na composição do custo da dieta diária das vacas leiteiras, onde o pasto apresenta sempre maior eficiência de transformação, uma constatação óbvia deste estudo é que os aumentos de produção foram obtidos com estratégias de simultânea redução no custo operacional. A alimentação representa aproximadamente 65% dos custos totais de produção, então o conjunto de proposições técnicas do PISA relacionados à alimentação dos rebanhos trouxe impactos diretos e positivos sobre a rentabilidade das propriedades rurais envolvidas. Dillon et al. (2008) e Peyraud et al. (2010) afirmam que sistemas leiteiros baseados a pasto, quando bem manejados, podem combinar eficiência ambiental e econômica, sendo altamente competitivos.

A adoção do plantio direto como a principal prática de cultivo do solo (Tabela 4) representou importante sinalizador da mudança de visão dos produtores com respeito ao manejo e a conservação do solo, fundamental ao

processo de intensificação sustentável e aumento da capacidade de suporte das áreas. Um dos principais objetivos do PISA é intensificar a produção sem que haja comprometimento dos recursos naturais para as gerações futuras, para isso, é necessário diversificar a produção e maximizar a eficiência de uso dos insumos. Pelos resultados, a diversidade de cultura das propriedades não foi influenciada pelo PISA, pois no início do programa a diversificação já era considerada alta, calculada pelo índice de Shannon. Uma característica do perfil médio das pequenas propriedades da região onde ocorreu o estudo é a diversificação produção, pois mesmo sendo propriedades leiteiras, existe o cultivo de lavouras para produção de grãos e para silagem, mesmo que em pequena escala. Mesmo assim, o processo de intensificação da produção não gerou perda de diversidade ou homogeneização dos sistemas de produção, conforme relatado por Gaston e Fuller (2007) em grande parte das regiões do mundo que sofreram o processo de intensificação. Porém, analisando a diversidade em menores escalas, Chavez et al. (2011) afirmaram que os sistemas integrados são capazes de promover maiores valores de diversidade microbiana em comparação a sistemas de monocultivos, avaliando o índice de diversidade de Shannon, obtiveram valores significativos nos sistemas em que o bom manejo do pasto vigora.

A consolidação do sistema de cultivo em plantio direto melhora a qualidade do solo em função do maior aporte de matéria e energia ao sistema, o que resulta num processo de auto-organização (Vezzani & Mielniczuk 2011), pois ao longo de toda a cadeia ocorre o equilíbrio dos fluxos entre solo-planta-atmosfera e uma alta regulação biótica interna (House & Brust 1989; Vezzani & Mielniczuk 2011). Segundo Nicolodi (2007), quanto mais complexas forem as interações entre os componentes físico, químico e biológico do solo, maior será as chances do surgimento das propriedades emergentes do solo, entendidas por House e Brust (1989) como um processo natural de resposta do sistema, pois nesses ambientes, a resposta à entrada de insumos passa a ser menor porque os “indivíduos” passam a ter menor importância (Addiscott, 1995). Neste caso, a fertilidade do solo deve ser encarada como a capacidade do solo em produzir abundantemente enquanto mantém ou incrementa seu papel nas demais funções ecossistêmicas. Souza et al., (2010), afirmam que a condução desses sistemas por longo tempo sob plantio direto, aliado ao bom manejo do pastoreio, promove menor saída de C e de N, por respiração microbiana e pelo pastejo animal, resultando em maior estoque desses elementos no solo. A sustentabilidade da fertilidade do solo é definida pelo seu balanço de nutrientes, pois a combinação entre os preceitos conservacionistas do plantio direto, a rotação de culturas e a presença do animal em pastejo, num mesmo sistema, é capaz de mimetizar os processos fundamentais de ciclagem que ocorrem nos ecossistemas naturais, o que assegura o grau de sustentabilidade dos sistemas integrados, cada vez mais reconhecidos como alternativas para uma produção sustentável (Fixen 2011).

O estudo realizado sobre as propriedades do Projeto PISA deixa evidente que os caminhos para a intensificação sustentável de sistemas agropecuários podem apresentar sinergismo com os cuidados necessários à conservação e melhoria dos ambientes de produção. Aumentar produção e a produtividade pode continuar sendo a principal meta de sistemas que ainda

trabalham distantes do potencial produtivo das espécies vegetais e animais envolvidas, desde que a forma de gerenciar o processo produtivo esteja em consonância com as diretrizes globais de produção de alimentos e produção de outros serviços a partir da conservação dos recursos naturais em uso. O conjunto de tecnologias que compõem o PISA, bem como sua proposta de customizar as soluções tecnológicas em cada situação e cada propriedade, conferem resiliência econômica, ambiental e social aos atores deste processo, sobretudo às famílias rurais que protagonizam as ações dentro das propriedades. E, por fim, uma vez efetivados estes ajustes de forma individualizada, o somatório de estabelecimentos de um mesmo município ou região que passam a ocupar um outro patamar de produção e sustentabilidade pode estar representando o impacto em nível de paisagem ou microbacia hidrográfica e tudo mais que seus benefícios individuais possam trazer a esta escala, Peyraud et al. (2014) demonstraram que os benefícios dos sistemas integrados podem ser previstos em várias escalas, a partir de uma propriedade individual até alcançar a paisagem agrícola ao nível regional ou nacional. Pois imagine-se extrapolar para qualquer região uma situação onde 80-90% dos produtores planejem a ocupação espaço-temporal das áreas, implantem o plantio direto, passem a manejar pastagens com oferta de folhas verdes pré e pós-pastejo, reduzam a carga operacional diária, e a partir disso aumentem eficiência de uso de outros insumos. Nesta condição, estaremos diante, com certeza, de um processo de intensificação sustentável de sistemas agropecuários.

## **2.5 Conclusões**

As ações de intervenção propostas pela metodologia PISA promoveram impactos positivos nas propriedades avaliadas, com aumento na produção diária total de leite através do aumento no número médio de vacas em lactação e da produção diária por vaca, esta última com maior impacto em propriedades menores.

Os principais fatores determinantes dos aumentos produtivos foram a organização de uso das áreas e a melhoria no manejo pela adoção do método de pastoreio “rotatínuo” em detrimento de critérios de manejo menos eficientes.

A adoção da prática do plantio direto e do manejo adequado das pastagens constituem ferramentas do PISA capaz de promover a qualidade dos ambientes de produção, conservação de recursos naturais e otimização do uso de nutrientes na interface solo-planta-animal.

## 2.6 Referências

- Addiscott, T.M., 1995. Entropy and Sustainability. *European Journal of Soil Science*, 46, pp. 161-168.
- Bennett, E.M., Carpenter, S.R. & Caraco, N.F., 2001. Human Impact on Erodable Phosphorus and Eutrophication: A Global Perspective. *BioScience*, 51(3), p.227. Available at: [http://bioscience.oxfordjournals.org/cgi/doi/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0227:HIOEPA\]2.0.CO;2](http://bioscience.oxfordjournals.org/cgi/doi/10.1641/0006-3568(2001)051[0227:HIOEPA]2.0.CO;2).
- Carvalho, P.C.F., 2013. Can grazing behaviour support innovations in grassland management? , pp.1134–1148.
- Chávez, L.F., Escobar, L.F. & Anghinoni, I., 2011. Diversidade metabólica e atividade microbiana no solo em sistema de integração lavoura - pecuária sob intensidades de pastejo. *Pesq. agropec. bras.*, 46(1), pp.1254–1261.
- Dillon, P.A.T. et al., 2008. Future outlook for the Irish dairy industry : a study of international competitiveness , influence of international trade reform and requirement for change. *Journal of Dairy Technology*, 61(1).
- Fixen, P., 2011. Nutrient Balance in Arable Land's...a Global Challenge for the Fertilizer Industry.
- Franzluebbers, a. J. & Stuedemann, J. a., 2007. Crop and cattle responses to tillage systems for integrated crop–livestock production in the Southern Piedmont, USA. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 22(03), p.168. Available at: [http://www.journals.cambridge.org/abstract\\_S1742170507001706](http://www.journals.cambridge.org/abstract_S1742170507001706) [Accessed December 1, 2014].
- Franzluebbers, A.J., 2010. Principles of Soil Conservation and Management. *Vadose Zone Journal*, 9(1), p.199. Available at: <https://www.soils.org/publications/vzj/abstracts/9/1/199> [Accessed December 1, 2014].
- Gaston, K.J. & Fuller, R. a., 2007. Biodiversity and extinction: losing the common and the widespread. *Progress in Physical Geography*, 31(2), pp.213–225. Available at: <http://ppg.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/0309133307076488> [Accessed April 29, 2015].
- House, G.J. & Brust, G.E., 1989. Ecology of low-input, no-tillage agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 27(1-4), pp.331–345. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0167880989900960>.
- Lemaire, G. et al., 2014. Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 190, pp.4–8. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167880913002697> [Accessed April 22, 2015].
- Nicolodi, M., 2007. *Evolução da Noção da Fertilidade e sua Percepção Como Uma Propriedade Emergente Do Sistema Solo*. UFRGS.
- Peyraud, J.L. et al., 2010. Produire du lait en maximisant le pâturage pour concilier performances économiques et environnementales volatilité des prix et se préparer à l' accroissement probable du prix de l' énergie et des

- engrais . Dans ce contexte , il faut se demander si le mo. , (1), pp.17–24.
- Peyraud, J.-L., Taboada, M. & Delaby, L., 2014. Integrated crop and livestock systems in Western Europe and South America: A review. *European Journal of Agronomy*, 57, pp.31–42. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1161030114000276> [Accessed March 4, 2015].
- Schons, R., 2015. *CRITÉRIO PARA MANEJO DE PASTAGENS FUNDAMENTADO NO COMPORTAMENTO INGESTIVO DOS ANIMAIS: UM EXEMPLO COM PASTOREIO ROTATIVO CONDUZIDO SOB METAS CONTRASTANTES*. Universidade do Rio Grande do sul.
- Souza, E. D. et al., 2010. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34, pp. 79-88.
- Tilman, D. et al., 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(August).
- Tilman, D. et al., 2001. Forecasting Agriculturally Driven Global Environmental Change. *Science*, 292(April), pp.281–285.
- Vezzani, F. & Mielniczuk, J., 2011. AGREGAÇÃO E ESTOQUE DE CARBONO EM ARGISSOLO. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, 35(1), pp.213–223.
- Vitousek, P.M. et al., 1997. Human Domination of Earth ' s Ecosystems. *Science (New York, N.Y.)*, 277, p.494.

### **3. CAPÍTULO III**



### 3.1 Considerações finais

A implantação do PISA nas propriedades analisadas gerou diversas transformações sobre as melhorias dos sistemas de produção e sobre o meio ambiente. O processo de intensificação da produção, acompanhado pela evolução do uso racional dos recursos desencadeou uma série crescente de impactos positivos, que resultam, também, em bem-estar social. Não é tarefa fácil quantificar os impactos do PISA quando a análise refere-se à qualidade de vida dos produtores e das suas famílias, pois a organização do ambiente produtivo e o significativo incremento da rentabilidade criam novas perspectivas e novos horizontes dentro de cada propriedade, como conforto, independência e sucessão familiar, por exemplo.

O aumento da demanda mundial por alimentos para as próximas décadas será acompanhado, também, pela crescente necessidade de reduzir os impactos ambientais sofridos pelo processo de produção, visto que a própria produção poderá tornar-se inviável em diversas regiões do mundo, se os modelos produtivos não forem repensados. O PISA é um modelo de produção que atende ambas as exigências, pois as suas bases filosóficas e a sua metodologia torna viável a sua aplicação em qualquer tipo de sistema de produção de qualquer região do mundo.

O conceito moderno de sustentabilidade abrange o processo de produção, a manutenção e preservação das funções ecossistêmicas do ambiente e o bem estar das pessoas que estão envolvidas nesses processos. Desta forma, a importância da paisagem como um sistema único deve prevalecer em relação à fragmentação, da mesma, em áreas de produção e de conservação. Para que isto ocorra, será necessária uma visão sistêmica e multidisciplinar das pessoas e dos órgãos que estarão envolvidos nesse processo, pois os principais benefícios serão do interesse de toda sociedade.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGREIL, C.; MEURET, M.; FRITZ, H. Adjustment of feeding choices and intake by a ruminant foraging in varied and variable environments: new insights from continuous bite monitoring. In: BELS, V. (Ed.). **Feeding in domestic vertebrates**. Wallingford: CAB International. p. 302–325, 2006.

ALEXANDRATOS, N. World food and agriculture : Outlook for the medium and. **Proceedings of the National Academy Of Sciences**, [Washington], v. 96, n. May, p. 5908–5914, 1999.

BAUMONT, R. et al. A mechanistic model of intake and grazing behaviour in sheep integrating sward architecture and animal decisions. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 112, n. 1-4, p. 5–28, fev. 2004.

BENNETT, E. M.; CARPENTER, S. R.; CARACO, N. F. Human Impact on Erodable Phosphorus and Eutrophication: A Global Perspective. **BioScience**, Washington, v. 51, n. 3, p. 227, 2001.

BERNUÉS, A.; HERRERO, M. Farm intensification and drivers of technology adoption in mixed dairy-crop systems in Santa Cruz , Bolivia. **Spanish Journal of Agricultural Research**, Madrid, v. 6, n. 2, p. 279–293, 2008.

BOMMARCO, R.; KLEIJN, D.; POTTS, S. G. Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. **Trends in ecology and evolution**, Amsterdam, v. 28, n. 4, p. 230–8, abr. 2013.

BOVAL, M.; DIXON, R. M. The importance of grasslands for animal production and other functions: a review on management and methodological progress in the tropics. **Animal : an international journal of animal bioscience**, Paris, v. 6, n. 5, p. 748–62, maio 2012.

BRISKE, A. D. D. et al. Rotational Grazing on Rangelands : Reconciliation of Perception and Experimental Evidence Synthesis Paper Rotational Grazing on Rangelands: Reconciliation of Perception and Experimental Evidence. **Rangeland Ecology & Management**, Denver, v. 61, n. 1, p. 3–17, 2008.

CAPPER, J. L.; CADY, R. A; BAUMAN, D. E. The environmental impact of dairy production: 1944 compared with 2007. **Journal of animal science**, Champaign, v. 87, n. 6, p. 2160–7, jun. 2009.

CARVALHO, P. C. F. et al. o estado da arte em integração lavoura e pecuária. In: PRODUÇÃO animal: mitos, pesquisa e adoção de tecnologia. Canoas-RS, 2005, p. 7–44.

CARVALHO, P. C. F. et al. Avanços metodológicos na determinação do consumo de ruminantes em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 151–170, 2007.

CARVALHO, P. C. F.; BATELLO, C. Access to land, livestock production and ecosystem conservation in the Brazilian Campos biome: The natural grasslands

dilemma. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 120, n. 1-2, p. 158–162, jan. 2009.

CARVALHO, P. C. F. Harry Stobbs Memorial Lecture: can grazing behaviour support innovations in grassland management ? *Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales* [on-line], v. 1, p.137–155, 2013.

CASSMAN, K. G. Ecological intensification of cereal production systems: Yield potential, soil quality, and precision agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [Washington], v. 96, n. 11, p. 5952–5959, 25 maio 1999.

CONWAY, G. **The Doubly Green Revolution: Food for All in the Twenty-First Century**. Ithaca, N.Y. : Comstock Pub. Associates, [1997].

COSTANZA et al. The value of the world's ecosystems services and natural capital. **Nature**, London, v. 387, 1997.

DEFRIES, R. S.; FOLEY, J. A.; ASNER, G. P. Land-use choices: balancing human needs and ecosystem function In a nutshell. *Frontiers in ecology and the environment*, Washington, v. 2, p. 249–257, 2004.

DELGADO, C. et al. Livestock to 2020: the next food revolution. **Outlook on Agriculture**, Oxford, v. 30, n. 1, p. 27–29, 1 mar. 2001.

FIRBANK, L. G. et al. Assessing the impacts of agricultural intensification on biodiversity: a British perspective. **Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences**, London, v. 363, n. 1492, p. 777–87, 27 mar. 2008.

FISHER, B. S. ET AL. Issues related to mitigation in the long term context. In: **CLIMATE CHANGE 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, UK. : Cambridge University Press, 2007.

FLYSJÖ, A. et al. The impact of various parameters on the carbon footprint of milk production in New Zealand and Sweden. **Agricultural Systems**, Essex, v. 104, n. 6, p. 459–469, jul. 2011.

FOLEY, J. A et al. Solutions for a cultivated planet. **Nature**, London, v. 478, n. 7369, p. 337–42, 20 out. 2011.

FOLEY, J. A. et al. Amazonia revealed: forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin In a nutshell. *Frontiers in Ecology and the Environment*, Washington, v.5, n.1, p.25-32, 2007.

FOLEY, J. A. et al. REVIEW Global Consequences of Land Use. **Science**, Washington, v. 8, n. July, p. 570–575, 2005.

MEZZALIRA, J. C. et al. Behavioural mechanisms of intake rate by heifers grazing swards of contrasting structures. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 153, p. 1–9, abr. 2014.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Stability of Food Security in a Green Economy Environment**. Rome, 2012. (FAO Greening the Economy Working Paper Number 3).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Climate-Smart Agriculture Sourcebook**. Rome, Italy, 2013.

FRANZLUEBBERS, A. J.; STUEDEMANN, J. A. Crop and cattle responses to tillage systems for integrated crop–livestock production in the Southern Piedmont, USA. **Renewable Agriculture and Food Systems**, Wellingford, v. 22, n. 03, p. 168, 8 ago. 2007.

FRANZLUEBBERS, A. J. Integrated Crop–Livestock Systems in the Southeastern USA. **Agronomy Journal**, Madison, v. 99, n. 2, p. 361, 2007.

FRANZLUEBBERS, A. J. Principles of Soil Conservation and Management. **Vadose Zone Journal**, Madison, v. 9, n. 1, p. 199, 2010.

FRANZLUEBBERS, A. J.; STUEDEMANN, J. A. Surface Soil Changes during Twelve Years of Pasture Management in the Southern Piedmont USA. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 74, n. 6, p. 2131, 2010.

GARNETT, T. et al. Sustainable Intensification in Agriculture: Premises and Policies. **Science**, Washington, v. 341, p. 33–34, 2013.

GASTON, K. J.; FULLER, R. A. Biodiversity and extinction: losing the common and the widespread. **Progress in Physical Geography**, London, v. 31, n. 2, p. 213–225, 1 abr. 2007.

GERBER, P. et al. **Greenhouse gas emissions from the dairy sector: a life cycle assessment**. Rome, Italy: Food and Agricultural Organization of the United Nations. Animal Production and Health Division, 2010.

GODFRAY, H. C. J. et al. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. **Science**, New York, v. 327, n. 5967, p. 812–8, 12 fev. 2010.

GONÇALVES, E. N. et al. Relações planta-animal em ambiente pastoril heterogêneo: processo de ingestão de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n.9, p.1655-1662, 2009.

HERRERO, M. et al. Livestock, livelihoods and the environment: understanding the trade-offs. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, Amsterdam, v. 1, n. 2, p. 111–120, dez. 2009.

HERRERO, M. et al. Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. **Science, New York**, v. 327, n. 5967, p. 822–5, 12 fev. 2010.

HOAGLAND, L. et al.. Labor availability in an integrated agricultural system. **Journal of Sustainable Agriculture**, Binghamton, v.34, p. 532–548, 2010.

KEMP, D. R.; MICHALK, D. L. Towards sustainable grassland and livestock management. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 145, n. 06, p. 543–564, 12 jul. 2007.

LEIP, A. et al.. Evaluation of the livestock's sector contribution to the EU greenhouse gas emissions (GGELS)—Final report. **European Commission, Joint Research Centre**, Ispra, Italy, 2010.

LEMAIRE, G. et al. Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 190, p. 4–8, jun. 2014.

LICKER, R. et al. Mind the gap: how do climate and agricultural management explain the “yield gap” of croplands around the world? **Global Ecology and Biogeography**, [Oxford], v. 19, n. 6, p. 769–782, 17 nov. 2010.

MAYAUX, P. et al. Tropical forest cover change in the 1990s and options for future monitoring. **Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences**, London, v. 360, n. 1454, p. 373–84, 28 fev. 2005.

MCDERMOTT, J. J. et al. Sustaining intensification of smallholder livestock systems in the tropics. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 130, n. 1-3, p. 95–109, maio 2010.

MEZZALIRA, J. C. et al. Behavioural mechanisms of intake rate by heifers grazing swards of contrasting structures. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 153, p. 1–9, abr. 2014.

MEZZALIRA, J. C. et al. Aspectos metodológicos do comportamento ingestivo de bovinos em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n.5, p. 1114–1120, 2011.

MILESTAD, R. et al. Farming Systems Research into the 21st Century: The New Dynamic. In: DARNHOFER, I.; GIBBON, D.; DEDIEU, B. (Eds.). Dordrecht: Springer Netherlands, 2012. p. 365–385.

DE MORAES, A. et al. Integrated crop–livestock systems in the Brazilian subtropics. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 57, p. 4–9, jul. 2014.

NEUMANN, K. et al. The yield gap of global grain production: A spatial analysis. **Agricultural Systems**, Essex, v. 103, n. 5, p. 316–326, jun. 2010.

O'BRIEN, D. et al. A case study of the carbon footprint of milk from high-performing confinement and grass-based dairy farms. **Journal of dairy science**, Champaign, v. 97, n. 3, p. 1835–51, mar. 2014.

RAMANKUTTY, N. et al. Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000. **Global Biogeochemical Cycles**, Washington, v. 22, n. 1, p. n/a–n/a, 17 mar. 2008.

REID, R. S. et al. Is it possible to mitigate greenhouse gas emissions in pastoral ecosystems of the tropics? **Environment, Development and Sustainability**, Dordrecht, v. 6, p. 91–109, 2004.

RENTING, H. et al. Exploring multifunctional agriculture. A review of conceptual approaches and prospects for an integrative transitional framework. **Journal of environmental management**, [Oxford], v. 90 Suppl 2, p. S112–23, maio 2009.

SCHONS, R. **Critério para manejo de pastagens fundamentado no comportamento ingestivo dos animais: um exemplo com pastoreio rotativo conduzido sob metas contrastantes**. 2015. 67 f. Dissertação (Mestrado)-Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

SHALLOO, L. et al.,. Description and validation of the Moorepark Dairy System Model. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.87, p. 1945–1959, 2004.

TARAWALI, S. et al. Pathways for sustainable development of mixed crop livestock systems: Taking a livestock and pro-poor approach. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 139, n. 1-2, p. 11–21, jul. 2011.

TILMAN, D. et al. Agricultural sustainability and intensive production practices. **Nature**, London, v. 418, n. August, 2002.

TILMAN, D. et al. Forecasting Agriculturally Driven Global Environmental Change. **Science**, Washington, v. 292, n. April, p. 281–285, 2001.

TOMA, L. et al. Environmental efficiency of alternative dairy systems: a productive efficiency approach. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 96, n. 11, p. 7014–31, nov. 2013.

UTSUMI, S. A et al. Resource heterogeneity and foraging behaviour of cattle across spatial scales. **BMC ecology**, [London], v. 9, p. 9, jan. 2009.

VANDEHAAR, M. J.; ST-PIERRE, N. Major advances in nutrition: relevance to the sustainability of the dairy industry. **Journal of dairy science**, Champaign, v. 89, n. 4, p. 1280–91, abr. 2006.

VITOUSEK, P. M. et al. Human Domination of Earth ' s Ecosystems. **Science New York**, v. 277, p. 494, 1997.

WEST, P. C. et al. Trading carbon for food: global comparison of carbon stocks vs. crop yields on agricultural land. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, [Washington], v. 107, n. 46, p. 19645–8, 16 nov. 2010.

WOLFE, M. S. Crop strength through diversity. **Nature**, London, v. 406, n. August, p. 681–682, 2000.

WRIGHT, I. A et al. Integrating crops and livestock in subtropical agricultural systems. **Journal of the science of food and agriculture**, London, v. 92, n. 5, p. 1010–5, 30 mar. 2012.

ZHU, Y. et al. Genetic diversity and disease control in rice. **Nature**, London, v. 406, n. August, p. 718–722, 2000.

## 5. VITA

Paulo Cardozo Vieira, filho de Éden Cogno Vieira e Marília de Mendonça Cardozo, nascido em 16 de dezembro de 1987, em Santa Vitória do Palmar-RS. Estudou até os 9 anos de idade em sua cidade natal, quando mudou-se para Porto Alegre em 1998. Em 2005 concluiu o ensino médio na Escola Estadual Florinda Tubino Sampaio. Ingressou em 2007 no curso de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, onde, no mesmo ano iniciou as atividades como Bolsista voluntário sob orientação do Prof. Dr. Paulo César de Faccio Carvalho, a partir de 2008 foi bolsista de iniciação científica até 2010, quando foi contemplado com uma bolsa de extensão até a conclusão do curso. Formou-se em Fevereiro de 2013. A partir de 2013, passou a integrar a equipe de consultores técnicos da SIA (Serviço de Inteligência em Agronegócios) atuando como consultor em diversas regiões do RS.