



SISPALHA

principais resultados do projeto BNDES/RAIZEN/USP

Carlos Eduardo P Cerri
ESALQ/USP

Tecnologia para o aproveitamento de palha da cana-de-açúcar no tripé geração de energia, produção de etanol de segunda geração e produtividade da cultura canavieira



Financiamento



Instituições de pesquisa



Empresas participantes



Gestão financeira

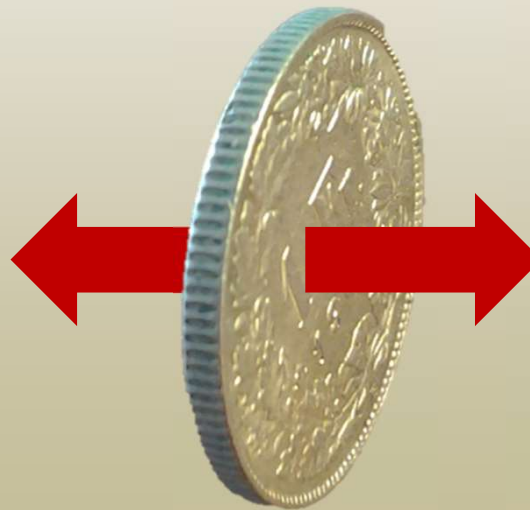


OBJETIVO

Desenvolver um **Sistema Integrado para Tomada de Decisão Sobre a Quantidade de Palha** a ser removida para a produção de etanol celulósico e bioenergia e a mantida no campo para promover a qualidade do solo e sua relação com a produtividade da cultura.

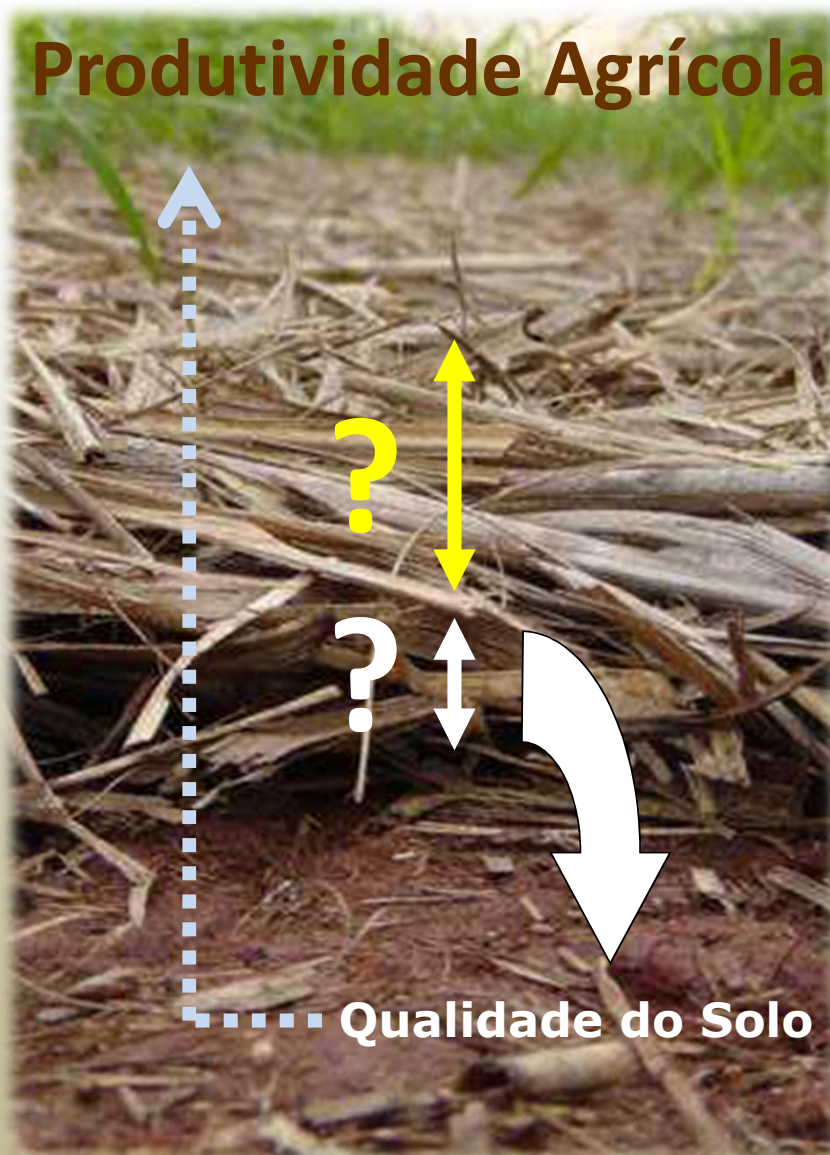
SISPALHA

ETANOL
2G
Bioeletricidade



Produtividade Agrícola

**D
E
S
A
F
I
O**



E2G



Quantidade de palha a ser removida, mantendo-se a produtividade, depende:

Variedade

Quantidade de palha produzida

Local

Clima

Solo

Época da colheita

Inverno

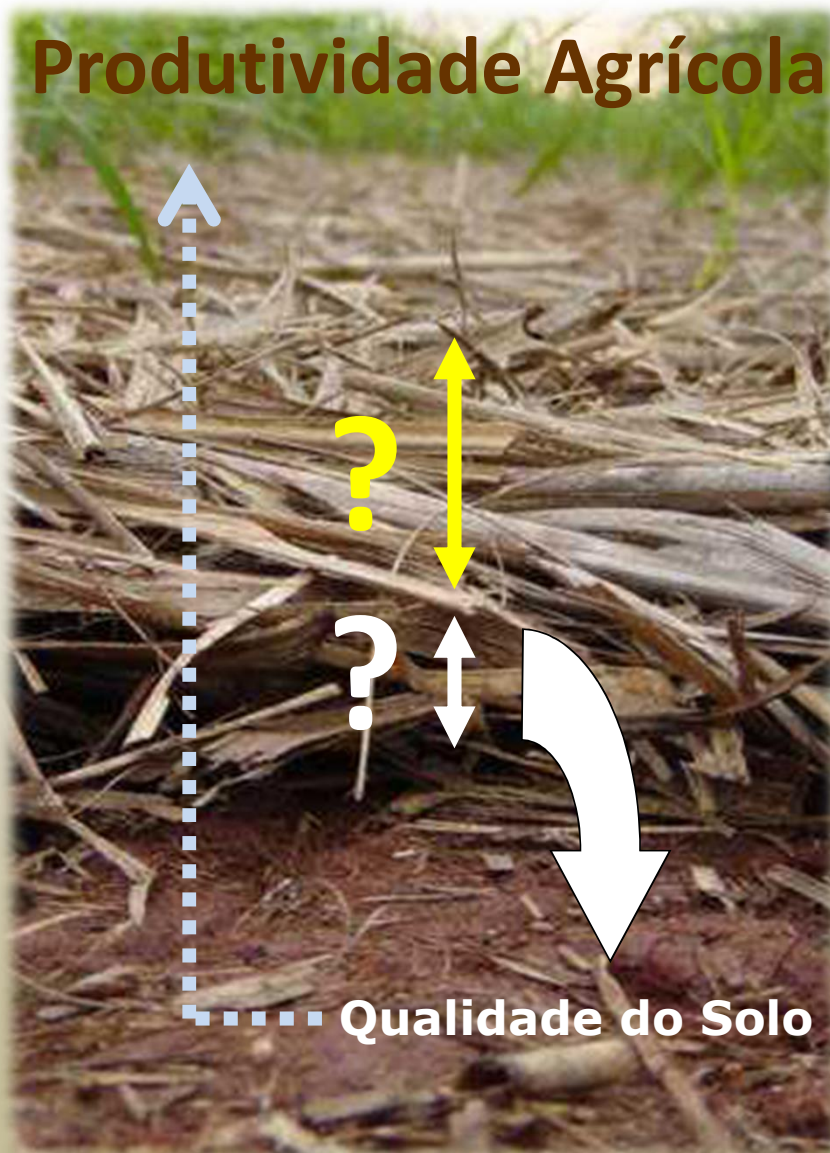
Verão

Palha remanescente

Palha/solo vs palha/palha

Produtividade Agrícola

D
E
S
A
F
I
O



E2G



Quantidade de palha a ser removida, mantendo-se a produtividade, depende:

Variedade

Quantidade de palha produzida

Local

Clima

Solo

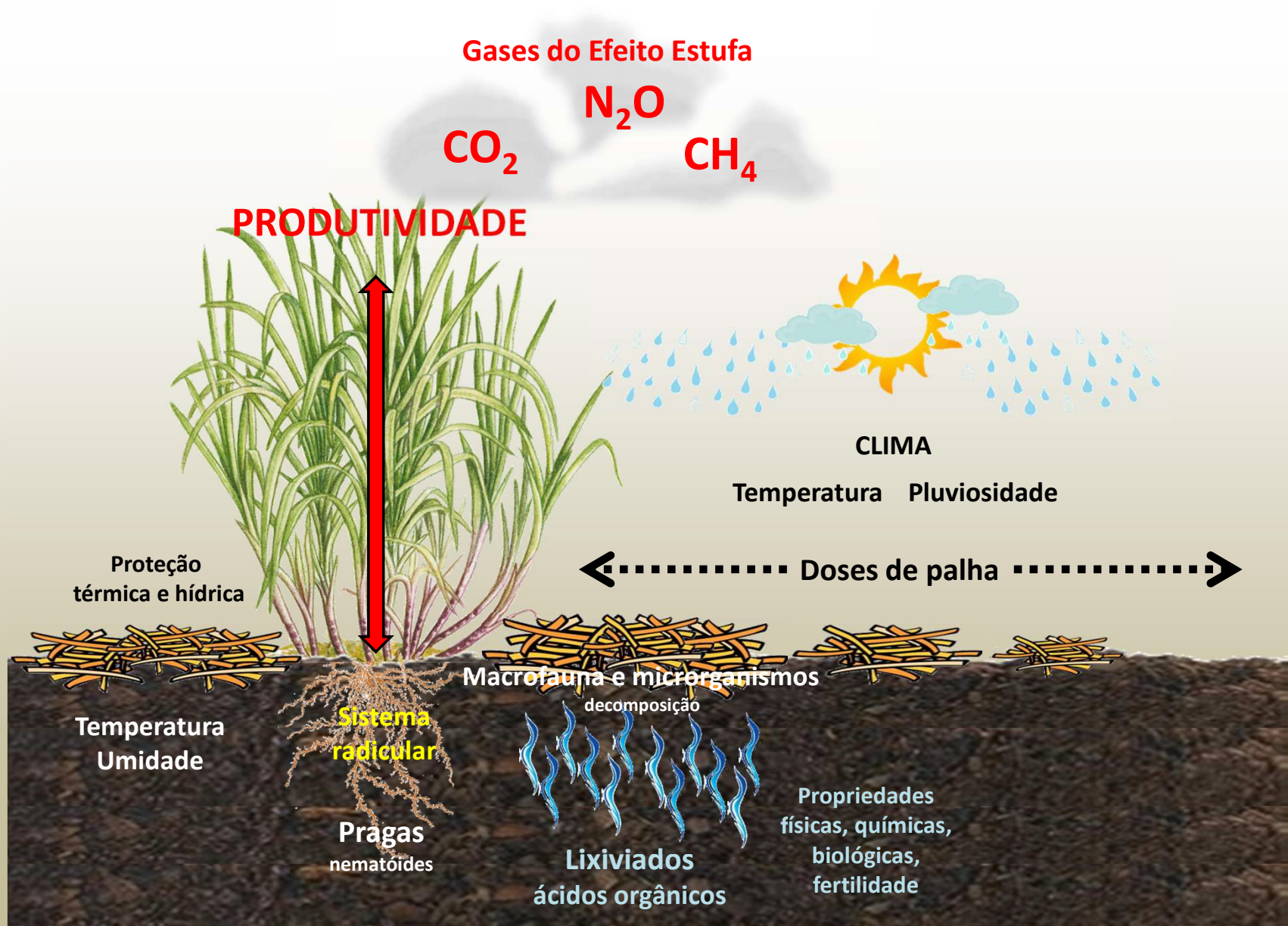
Época da colheita

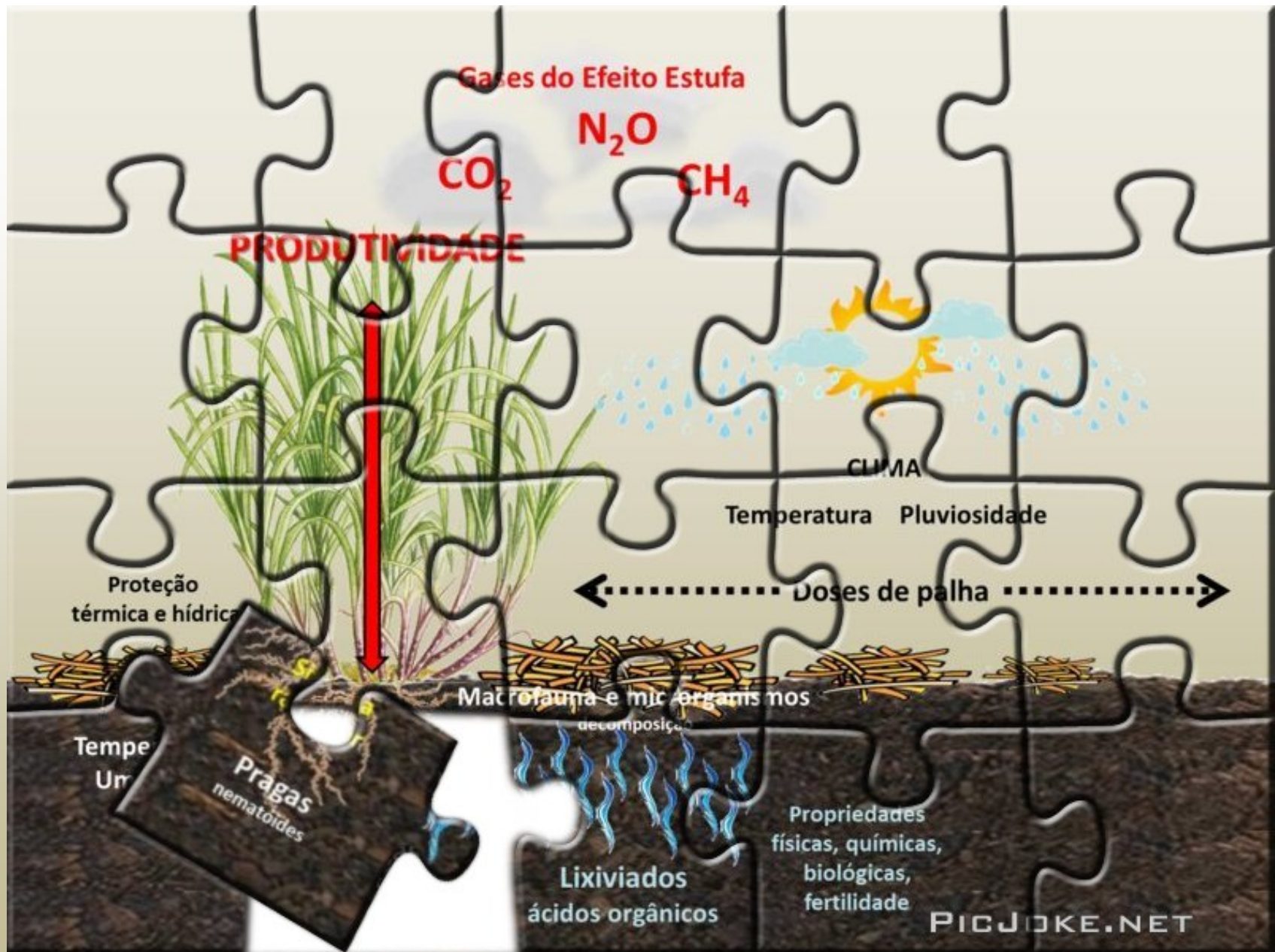
Inverno

Verão

Palha remanescente

Palha/solo vs palha/palha







ANA LUISA
Gases do efeito estufa



ISAIAS
Biometria/Produtividade



GUSTAVO
Biometria/Produtividade



ARTHUR
Proteção térmica e hídrica



LAÍSA
Taxas de decomposição da palha



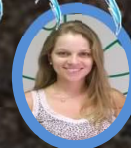
HENRIQUE
Caracterização do solo



PAUL
Sistema radicular



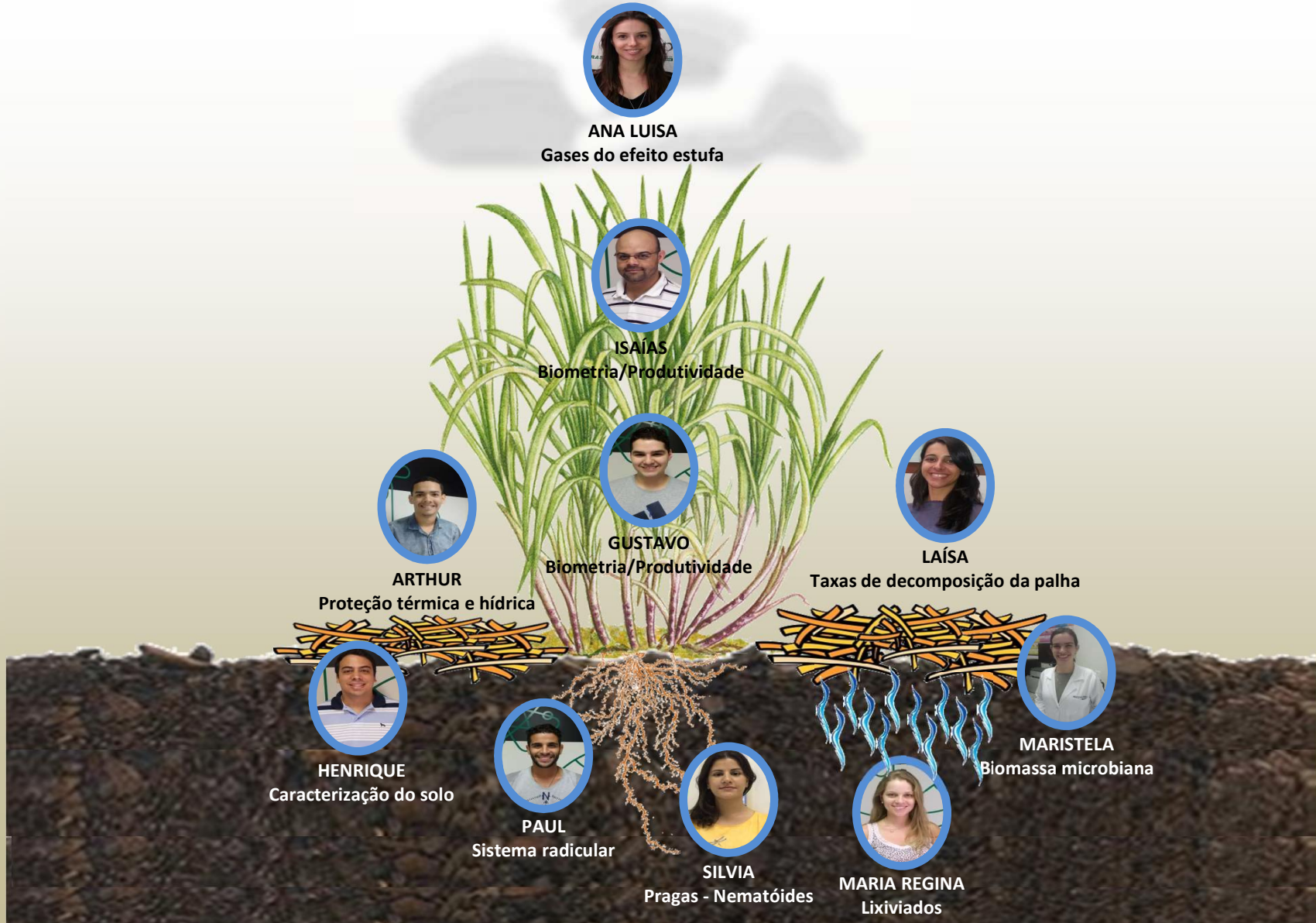
SILVIA
Pragas - Nematóides



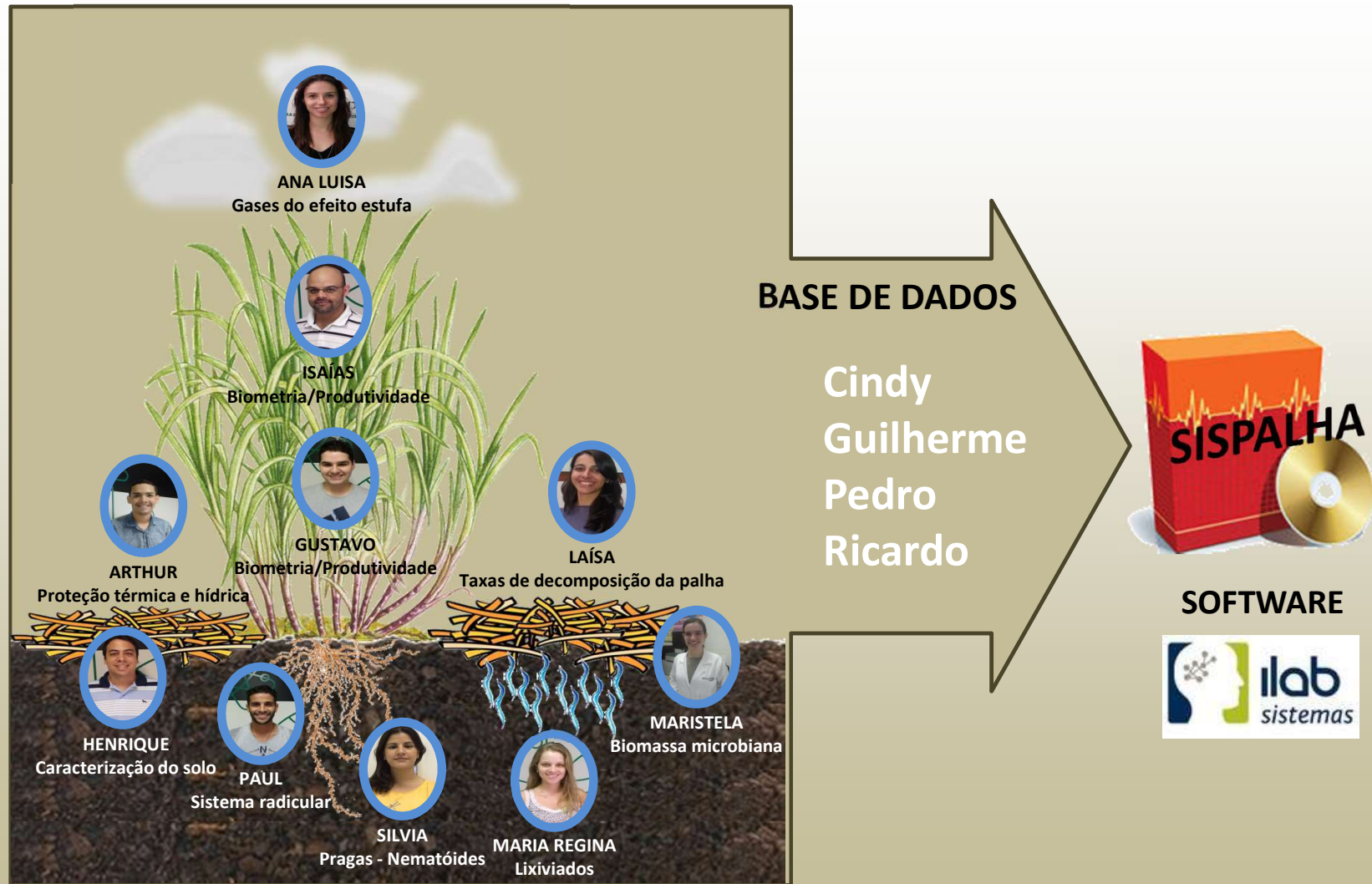
MARIA REGINA
Lixiviados



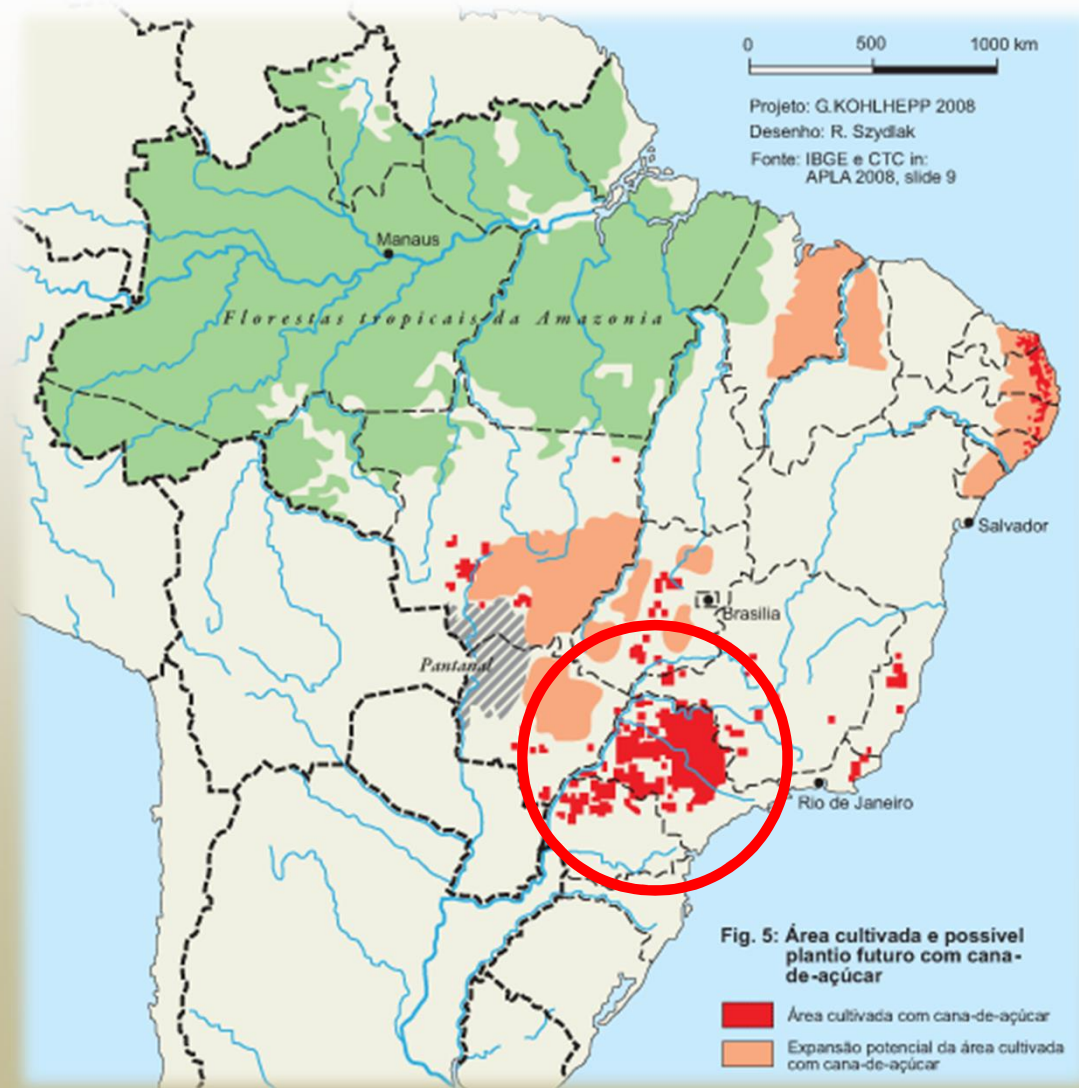
MARISTELA
Biomassa microbiana



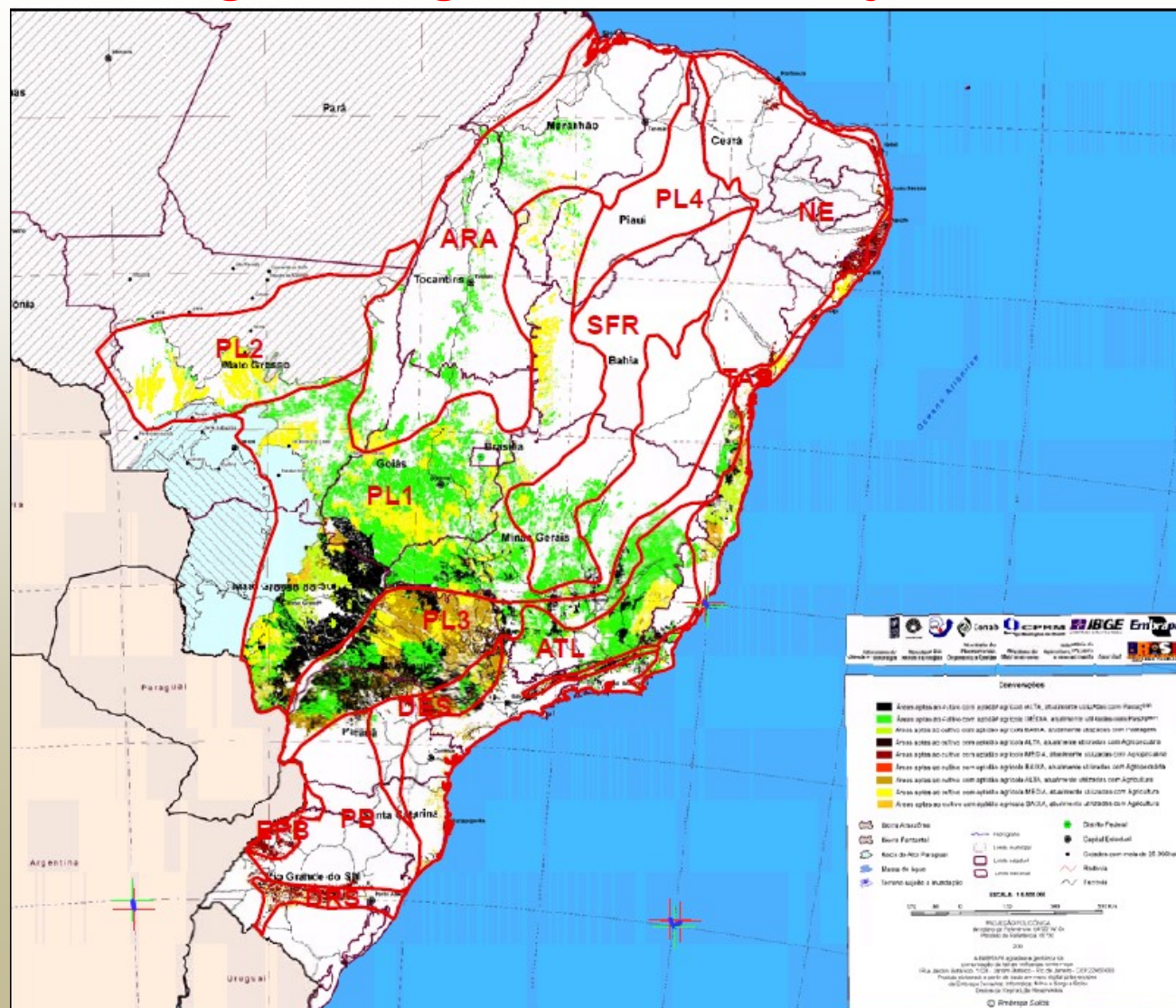
Informações customizadas sobre a quantidade de palha a ser removida



Área atual de cultivo da cana no Brasil

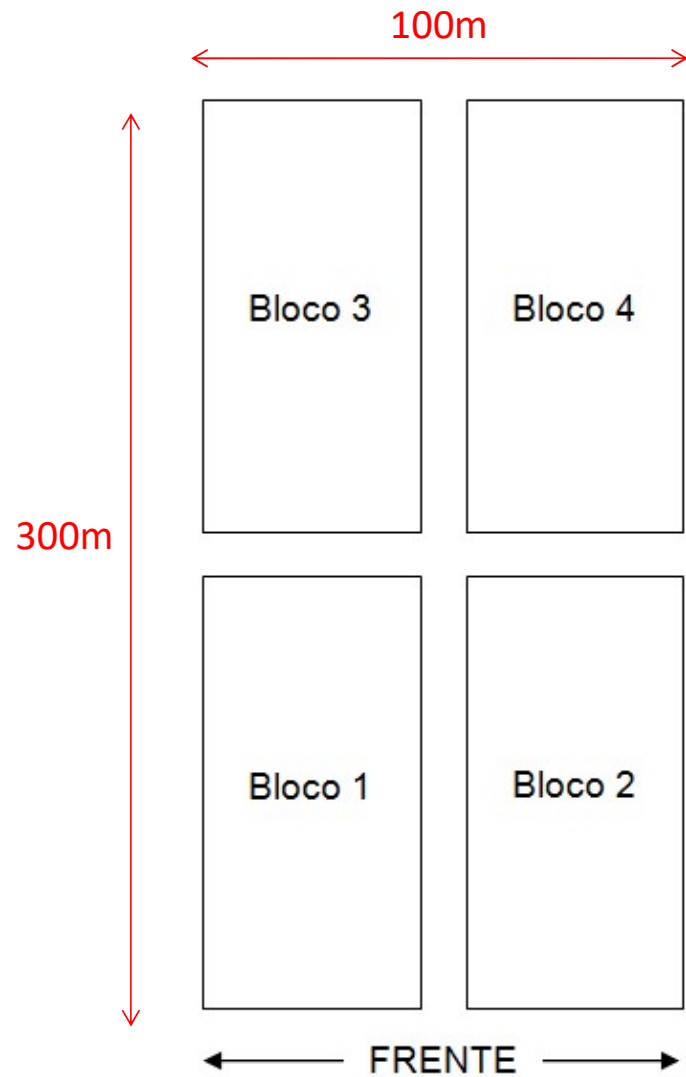


Delimitação de subzonas no âmbito do Zoneamento Agroecológico da cana-de-açúcar



Determinação das taxas de decomposição de cada quantidade de palha remanescente

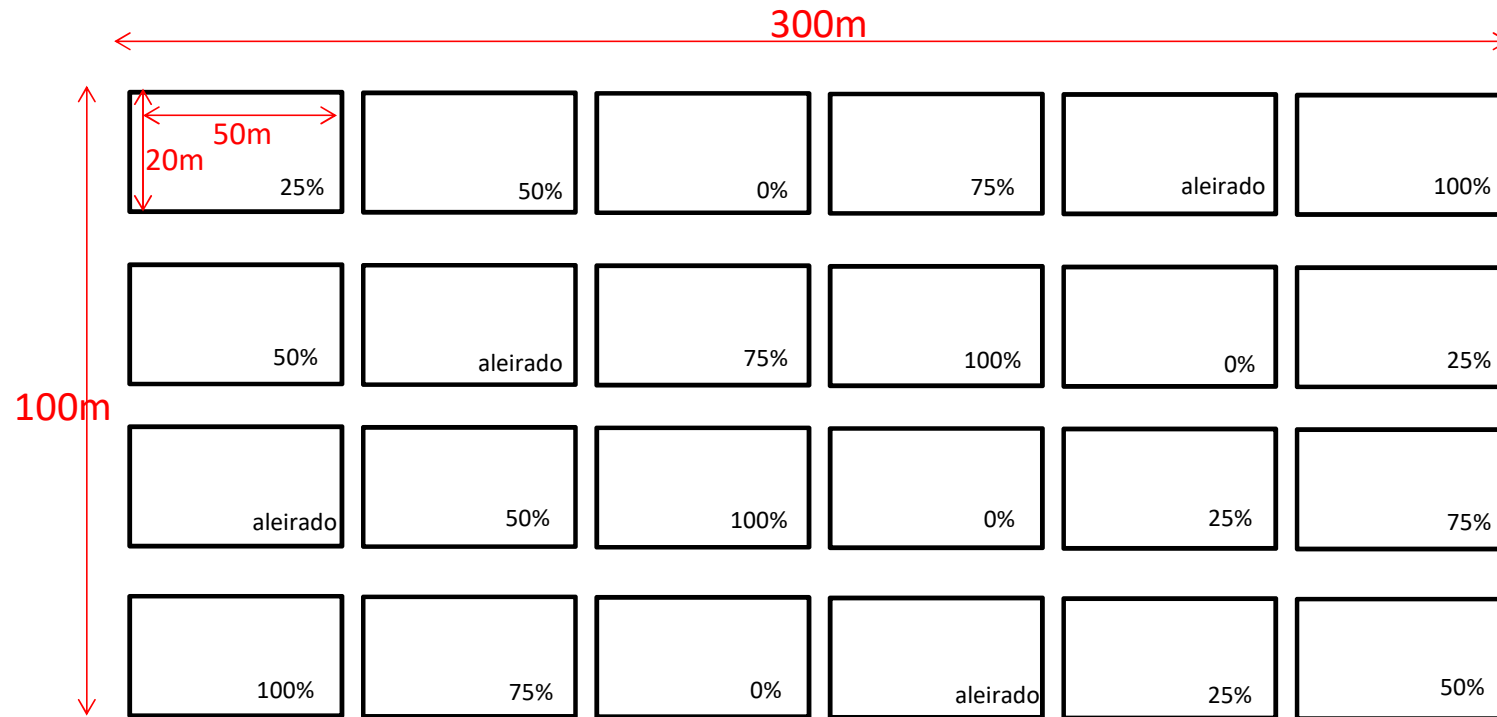




6 doses de palha
4 blocos (repetições)

24 parcelas
Cada parcela: 50m x 20m

Desenho experimental: blocos casualizados



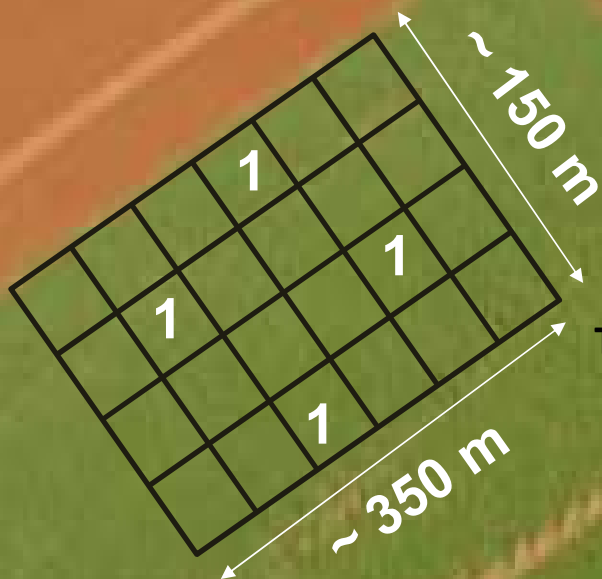
6 doses de palha
4 blocos (repetições)

24 parcelas
Cada parcela: 50m x 20m

Seis tratamentos, 4 repetições, blocos casualizados

Talhão reformado em 2013,
com a primeira colheita
em Julho 2014

Repetir as deposições das
diferentes quantidades de
palha em julho de 2015



Talhão reformado em 2013,
com a primeira colheita
em Novembro 2014

Repetir as deposições das
diferentes quantidades de
palha em Novembro de 2015

Avaliações

Primeiro ano



Estação seca



Estação chuvosa

Segundo ano



Estação seca

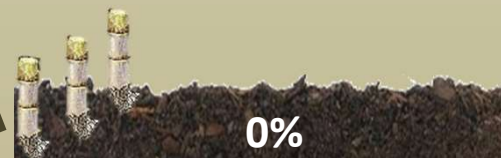


Estação chuvosa

Após colheita da cana-de-açúcar....



... doses de palha a permanecer no campo







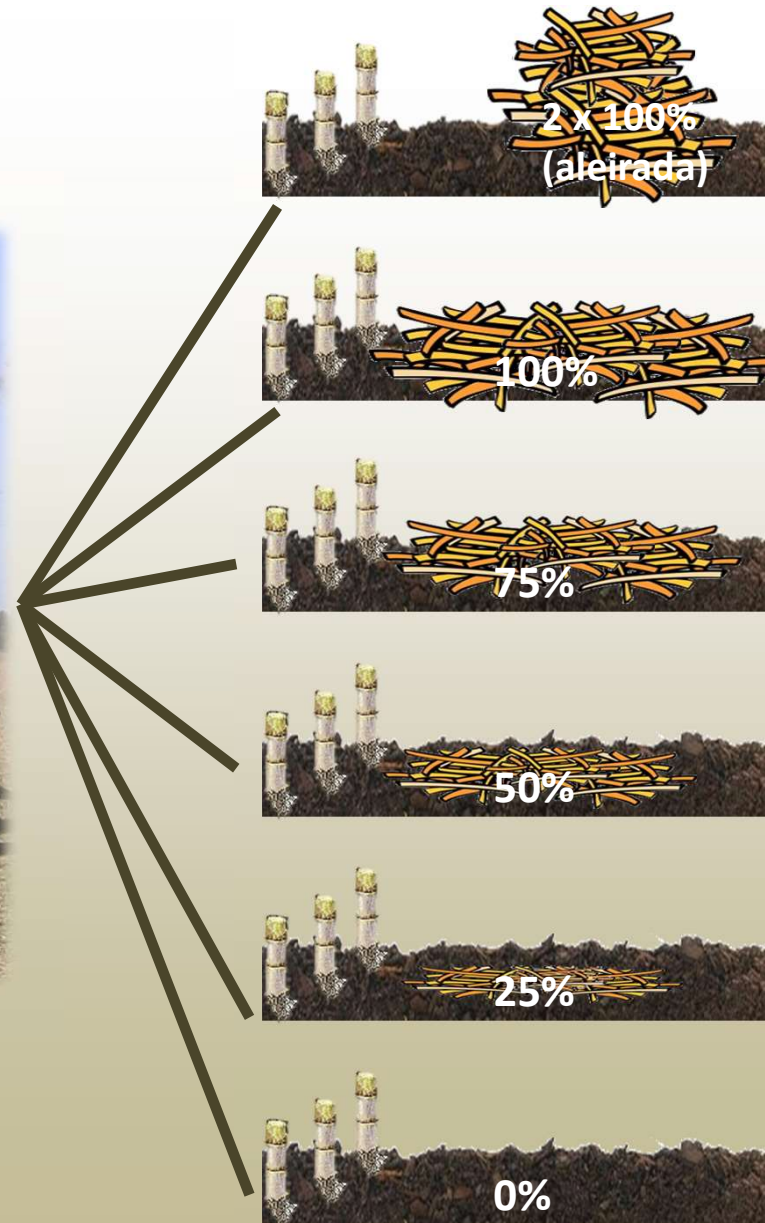
Avaliações das doses de palhas depositadas sobre o solo



Após colheita da cana-de-açúcar....



... doses de palha a permanecer no campo



Como está sendo feita deposição das doses de palha no solo

Combinação de:

- Acionamento do extrator primário da colheitadeira e/ou
- Acionamento do extrator secundário
- Rotação (RPM) do motor da colheitadeira





Procedimento para aplicação das doses

Combinação:

Extrator Primário: rotação

Extrator Secundário: L/D

Anemômetro

Rotação do Extrator Primário	Velocidade de Saída do Extrator	% de Palha
Desligado	0	0
500 RPM	07 m/s	25%
700 RPM	12 m/s	50%
800 RPM	18 m/s	≈75%
900 RPM	20 m/s	≈75%
1000 RPM	22 - 23 m/s	≈100%
1100 RPM	22 - 24 m/s	≈ 100%









Deposição da palha no solo – Bom Retiro-inverno

Teórica %	Real %	Quantidade obtida (Mg ha⁻¹ = t ha⁻¹)
0	-----	-----
25	20	3,8
50	47	7,8
75	79	14,9
100	100	19,0
Aleirado	Aleirada	17,5



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Biomass and Bioenergy

journal homepage: <http://www.elsevier.com/locate/biombioe>



Review

Guidelines for the recovery of sugarcane straw from the field during harvesting



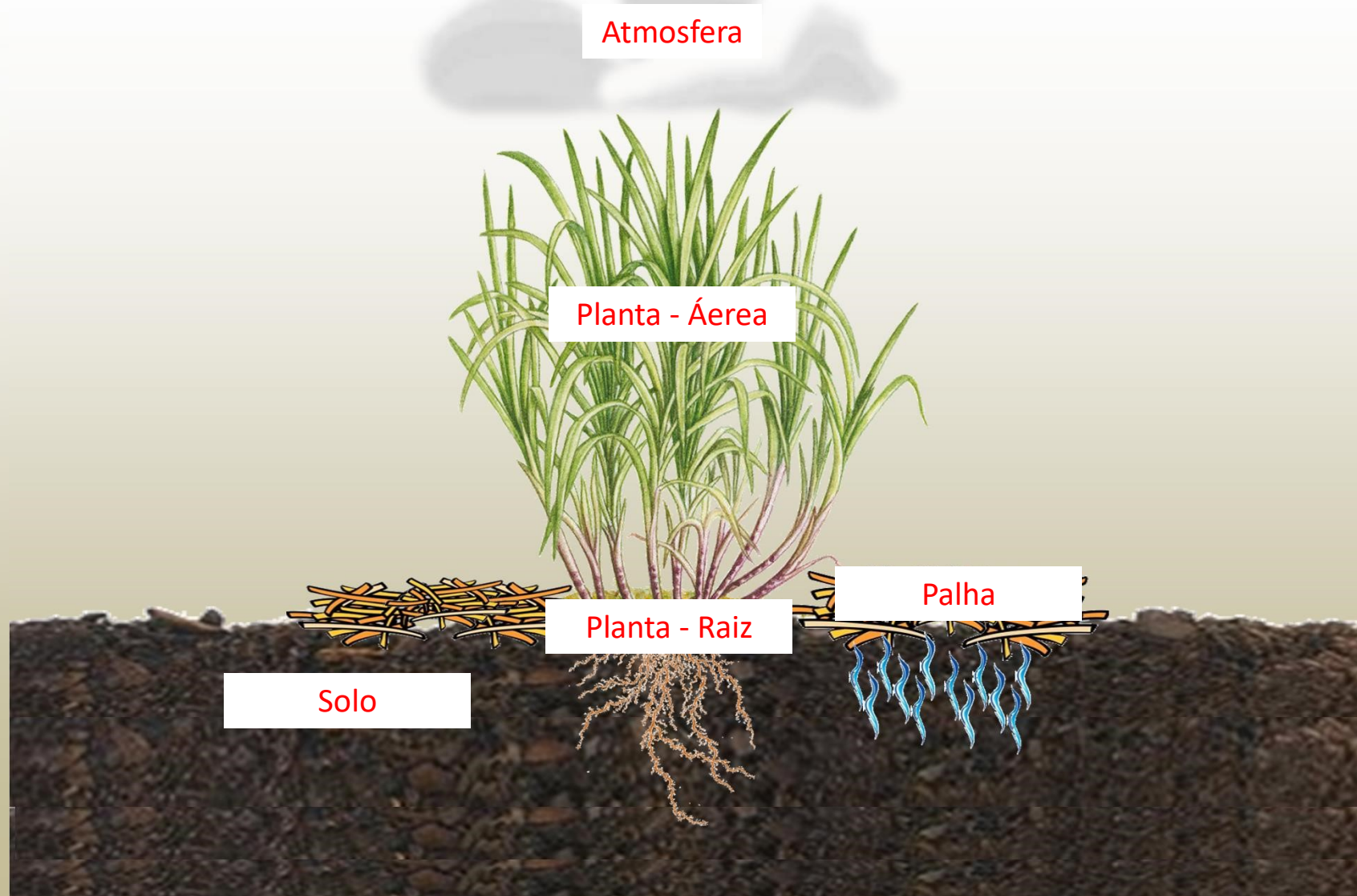
Izaias P. Lisboa ^{a,*}, Maurício R. Cherubin ^b, Carlos C. Cerri ^b, Domingos G.P. Cerri ^c,
Carlos E.P. Cerri ^a

^a University of São Paulo, "Luiz de Queiroz" College of Agriculture, 11 Pádua Dias Avenue, Piracicaba, SP 13418-900 Brazil

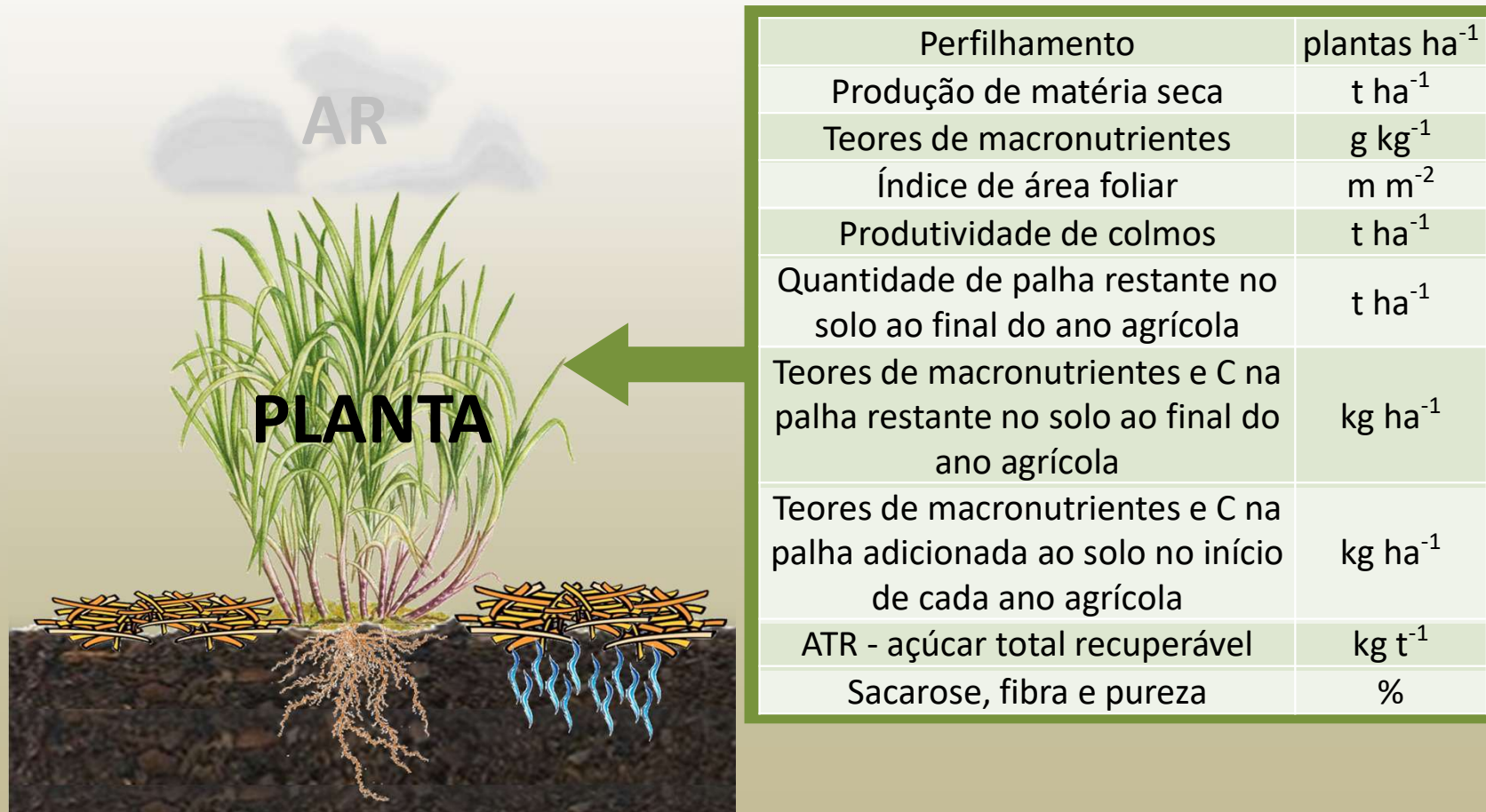
^b University of São Paulo, Center for Nuclear Energy in Agriculture, 303 Centenário Avenue, Piracicaba, SP 13400-970 Brazil

^c DeltaCO₂ - Sustentabilidade Ambiental, 600 Cezira Giovanoni Moretti Street, Piracicaba, SP, 13414-020 Brazil

Avaliações



- Atributos por compartimento





Contagem de perfilhos

**Determinação do
índice de área foliar**



Análises da planta



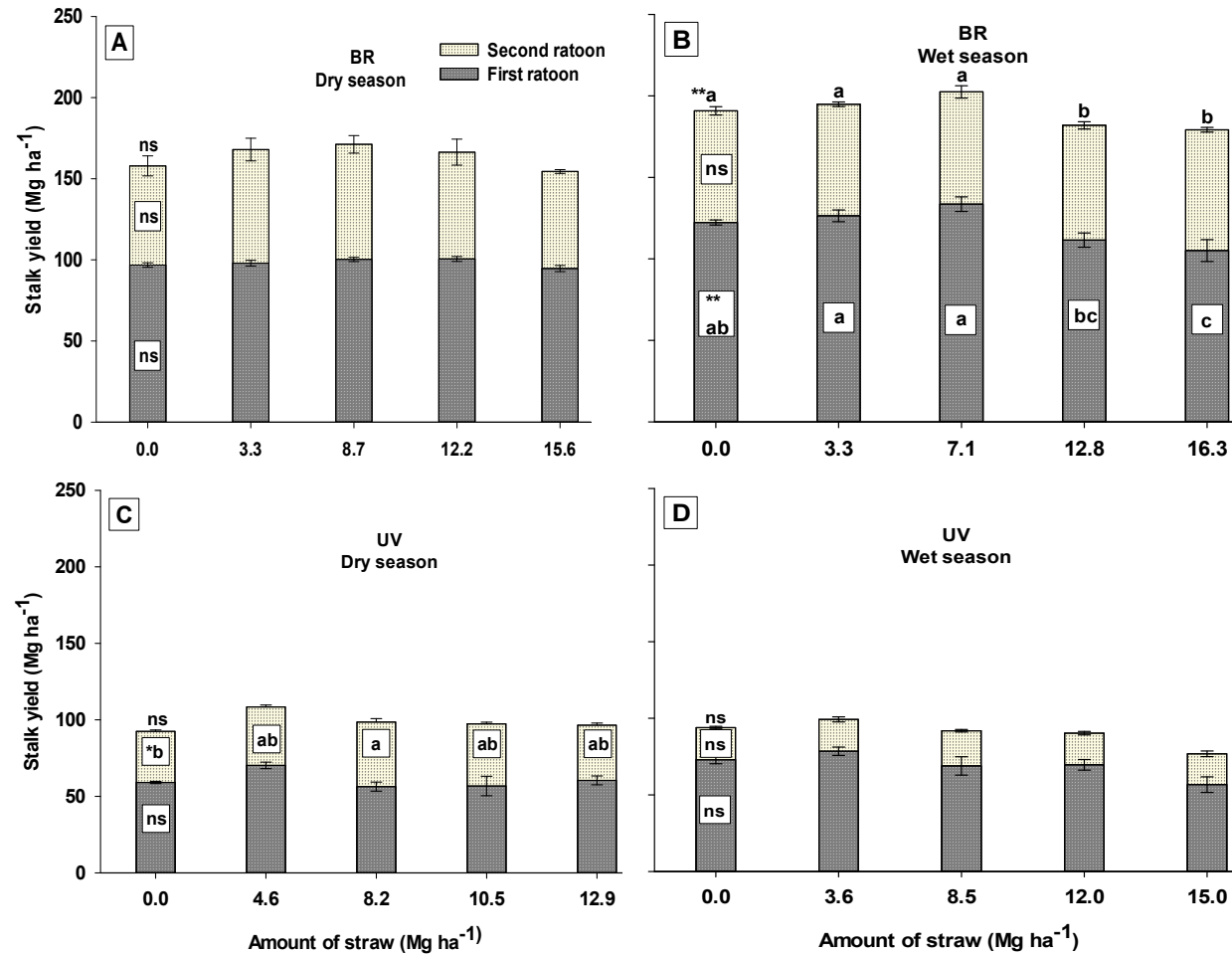
Biometria

Folhas verdes + Ponteiros

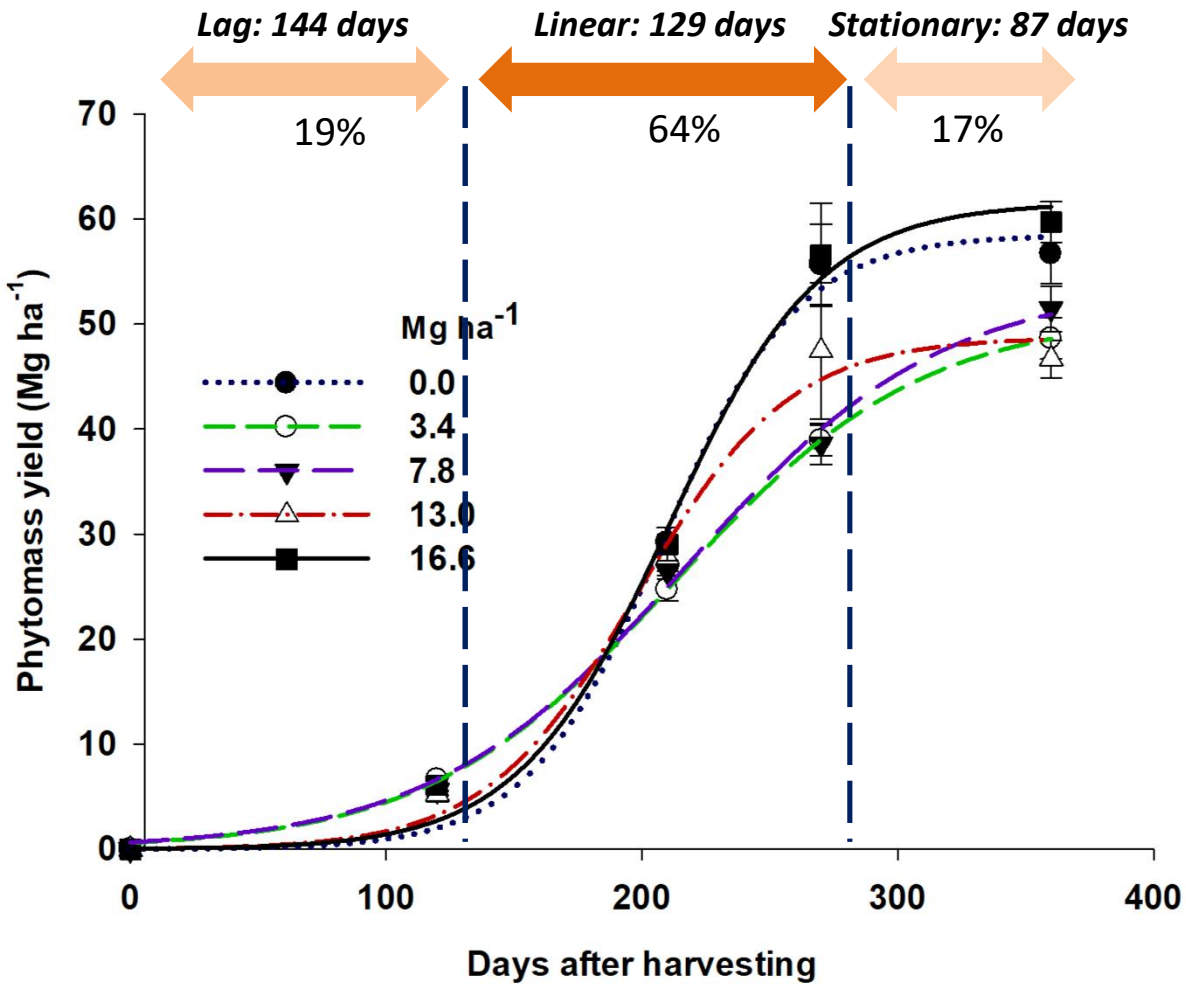
Colmos

Folha secas

Produtividade da Planta



Crescimento da Planta



Lisboa et al. (2018)

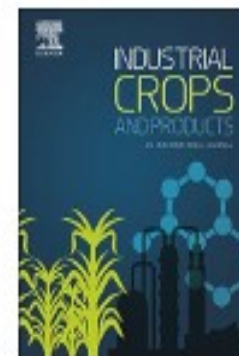


ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Industrial Crops & Products

journal homepage: www.elsevier.com/locate/indcrop



Original research paper

Sugarcane straw removal effects on plant growth and stalk yield

Izaias P. Lisboa^{a,d,*}, Maurício R. Cherubin^b, Renato P. Lima^c, Carlos C. Cerri^{b,1}, Lucas S. Satiro^a, Brian J. Wienhold^d, Marty R. Schmer^d, Virginia L. Jin^d, Carlos E.P. Cerri^a

^a University of São Paulo, "Luiz de Queiroz" College of Agriculture, 11 Pádua Dias Avenue, Piracicaba, SP 13418-900, Brazil

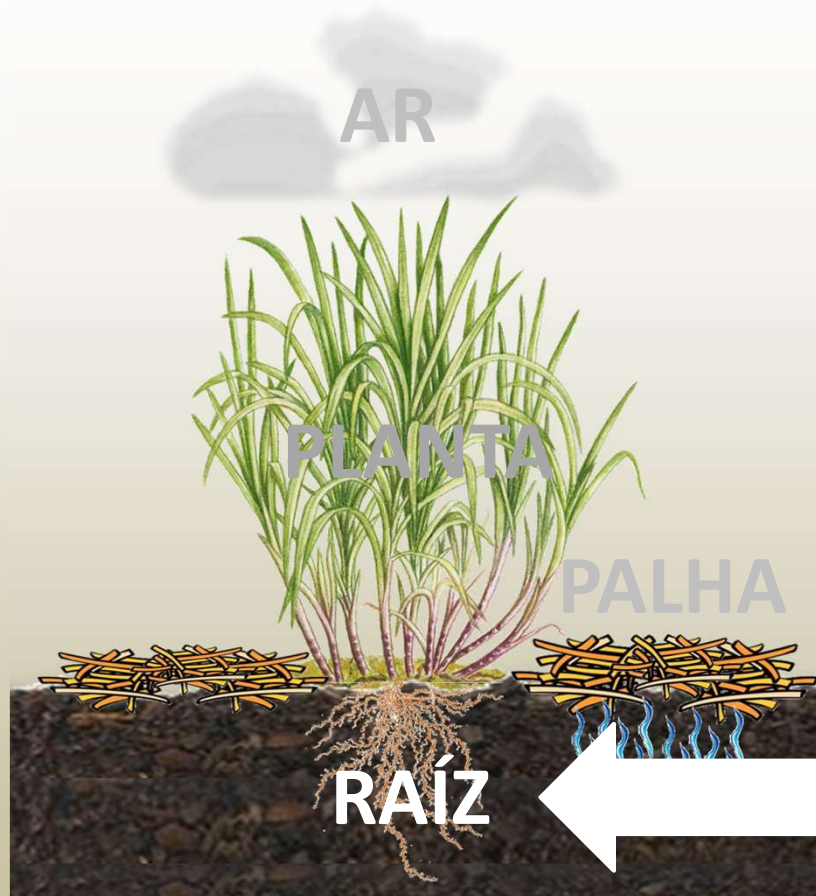
^b University of São Paulo, Center for Nuclear Energy in Agriculture, 303 Centenário Avenue, Piracicaba, SP 13400-970, Brazil

^c Department of Environment Sciences, Federal Institute of Mato Grosso, Road Access to BR-158, Radial José Mauricio Zampa, s/n Barra do Garças, 78600-000, MT, Brazil

^d Agroecosystem Management Research Unit, USDA-ARS, 251 Filley Hall/Food Ind. Complex, UNL, East Campus Lincoln, NE, 68583, USA

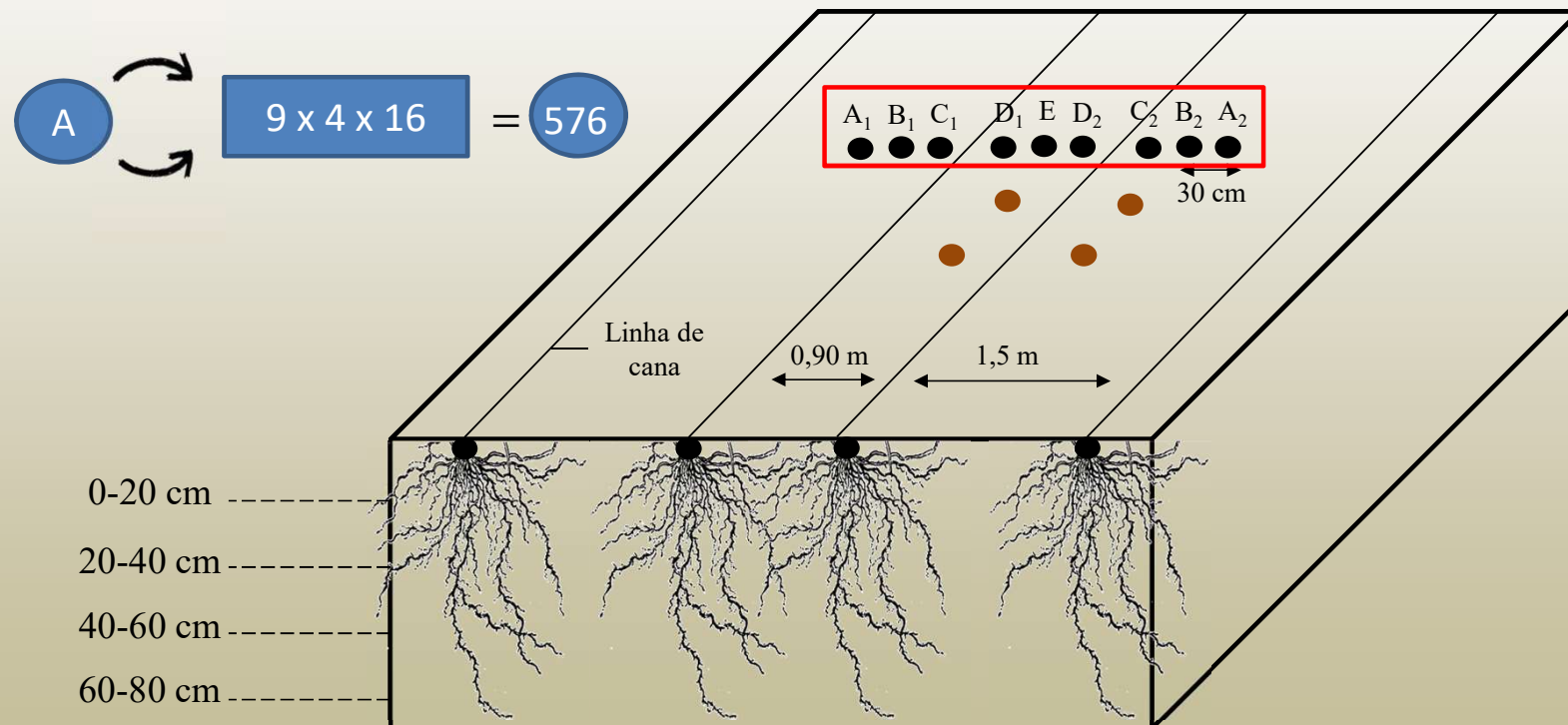


- Atributos por compartimento

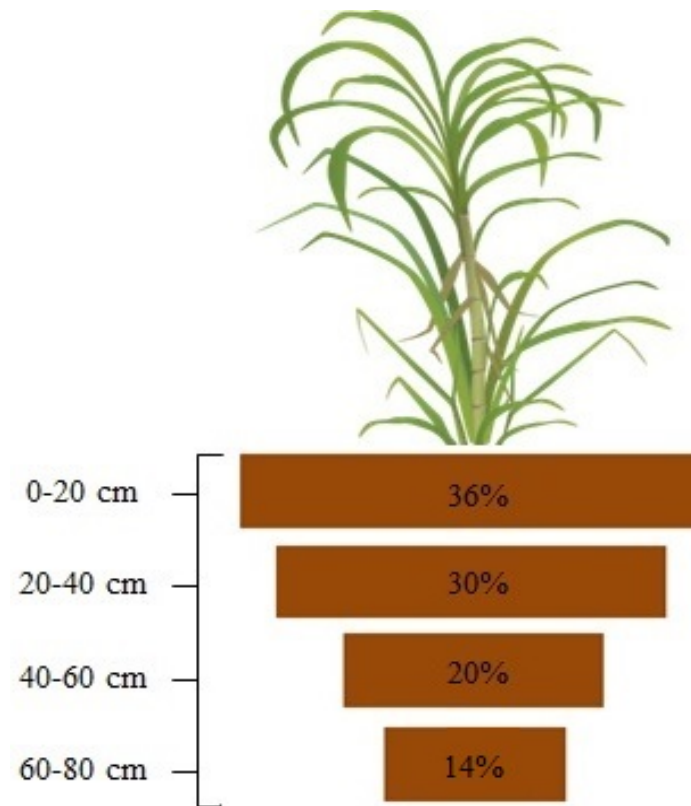


Nº de individuos	N 200cm ⁻³ solo
C microbiana	mgC g ⁻¹ solo seco
N microbiano	mgN g ⁻¹ solo seco
C org total	% C
N org total	% N

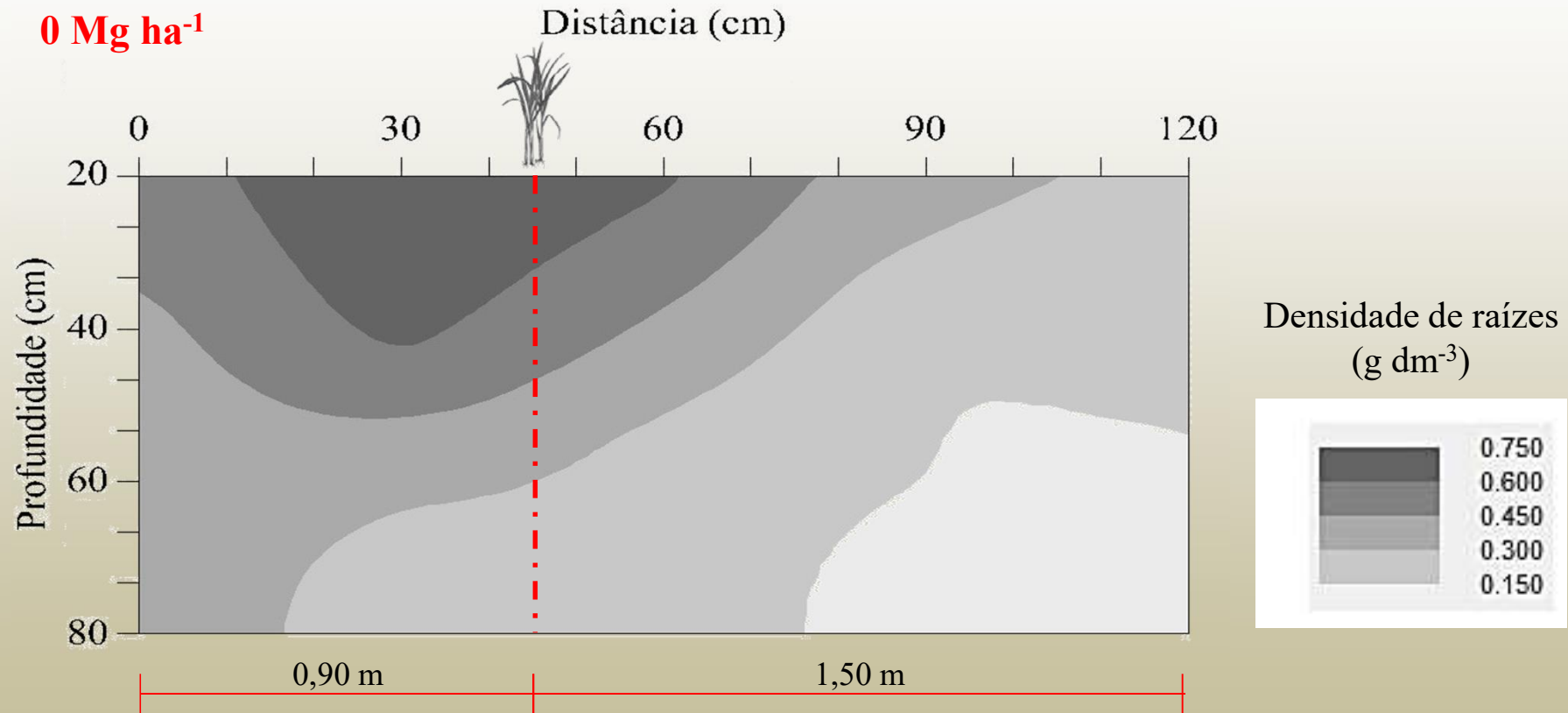
Amostragem das raízes



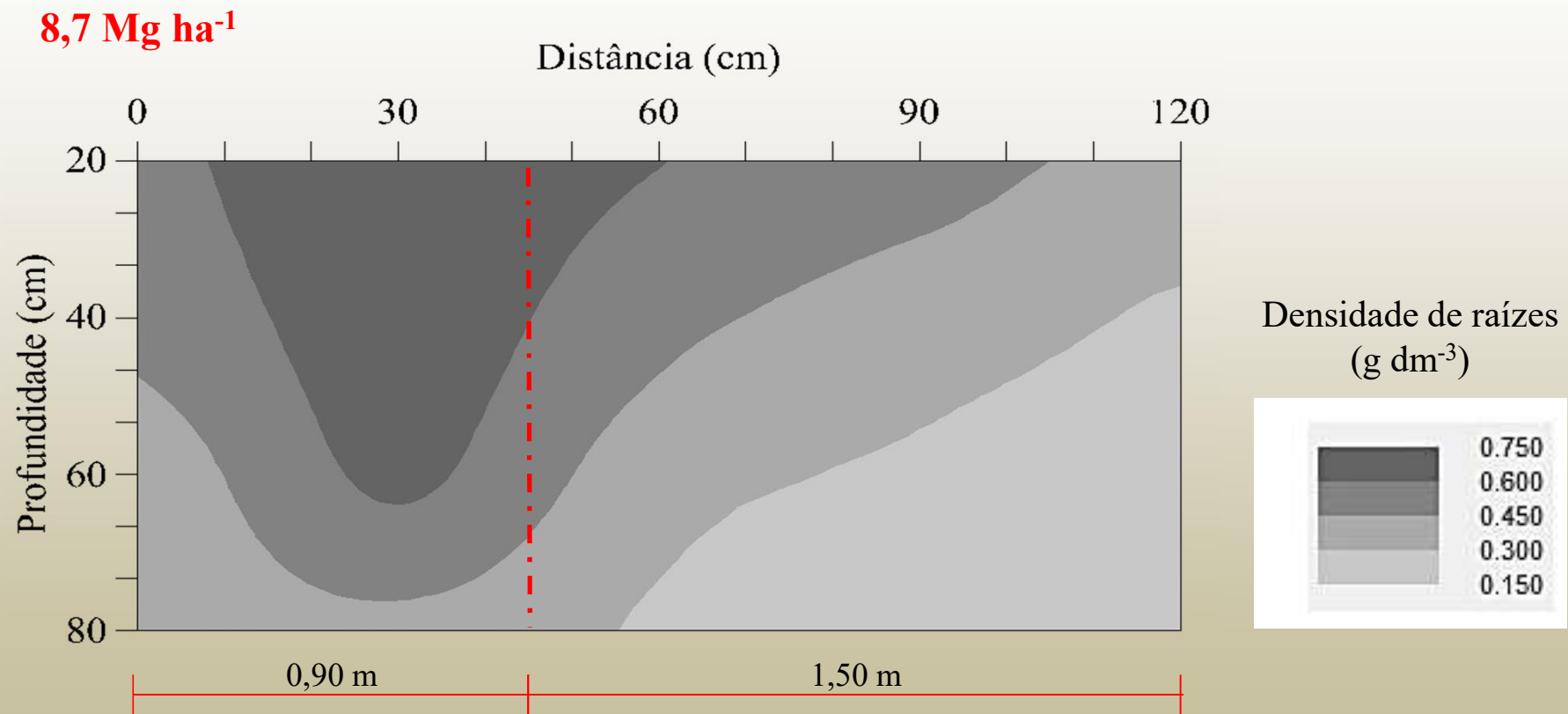
Massa de matéria seca de raízes de cana-de-açúcar



Espacialização em 2D (perfil) do sistema radicular

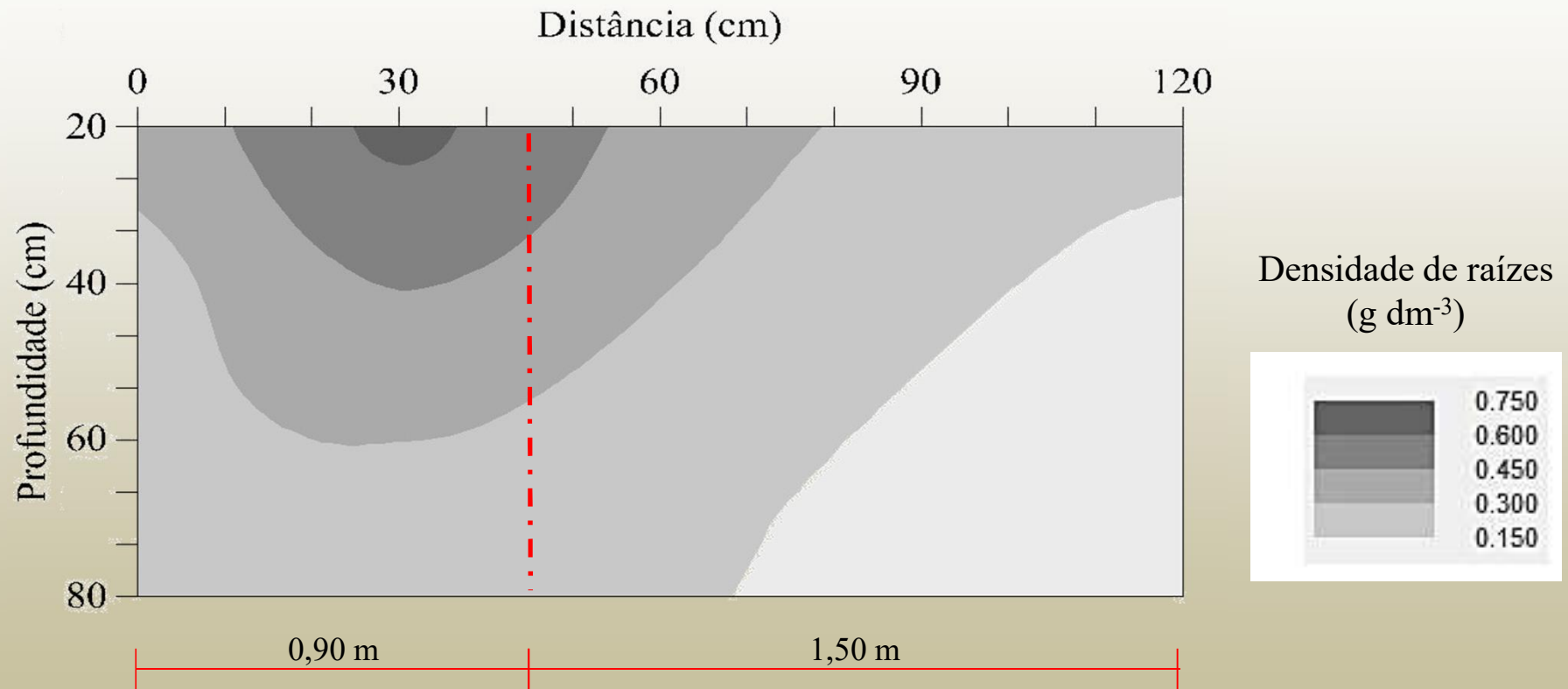


Espacialização em 2D (perfil) do sistema radicular

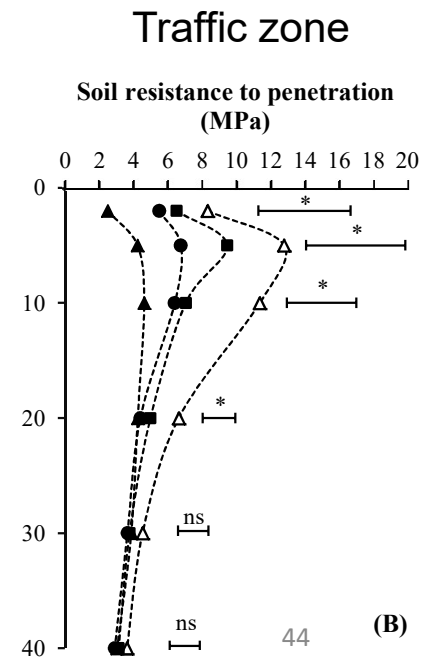
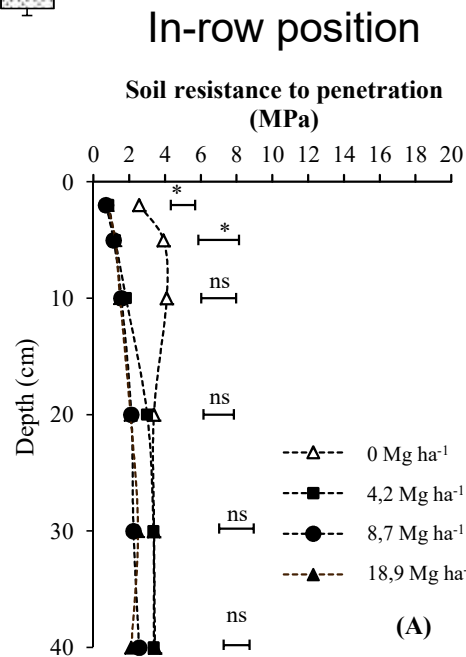
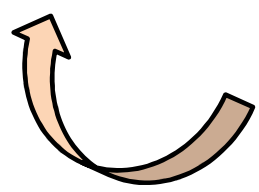
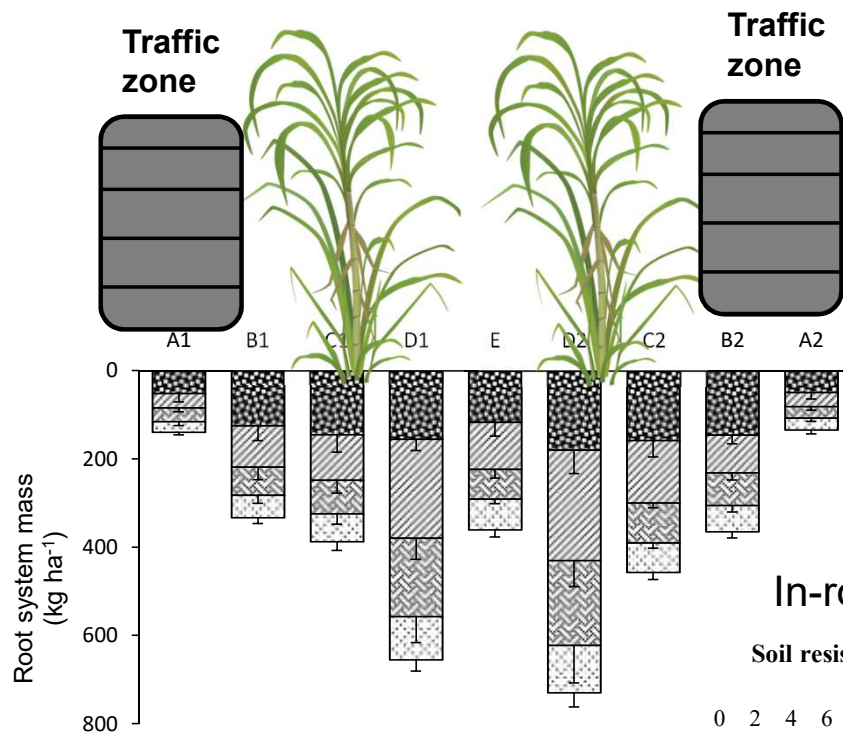


Espacialização em 2D (perfil) do sistema radicular

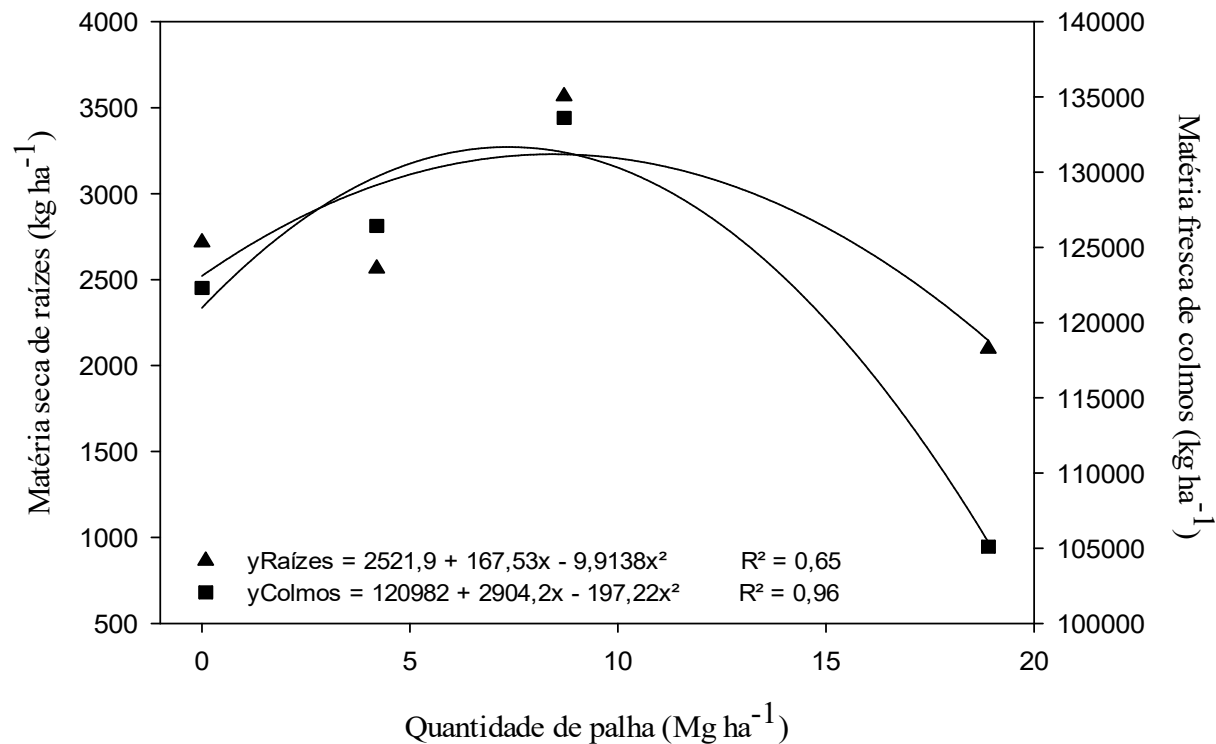
18,9 Mg ha⁻¹



Avaliação do sistema radicular da planta

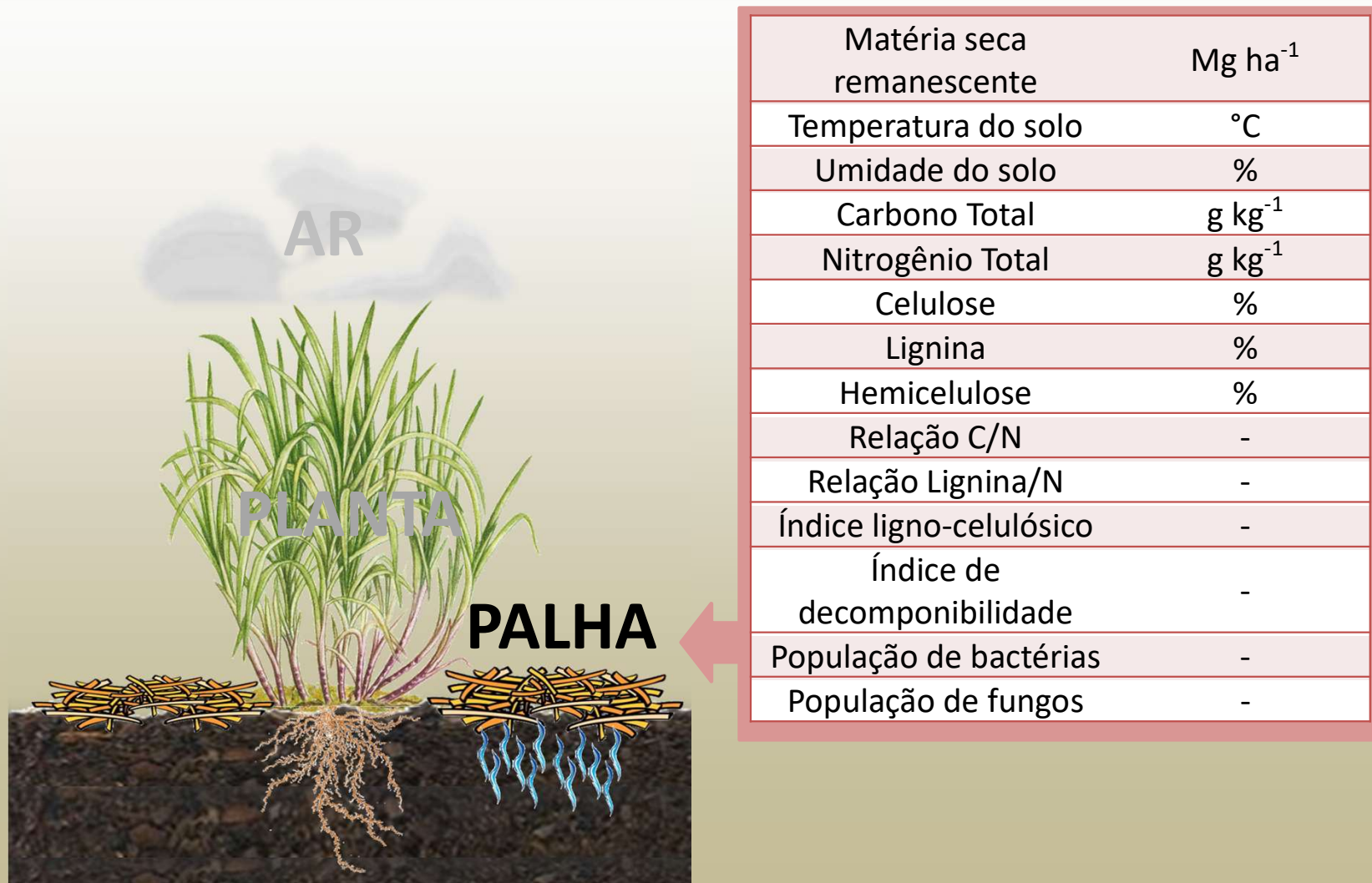


Relações entre sistema radicular e parte área da cana-de-açúcar



Curvas de regressão ajustadas para a produtividade de massa de matéria seca de raízes e a massa fresca de colmos obtida ao final do ciclo da cana-de-açúcar de primeira soqueira (variedade CTC14), cultivada em função de diferentes quantidades de palha removida.

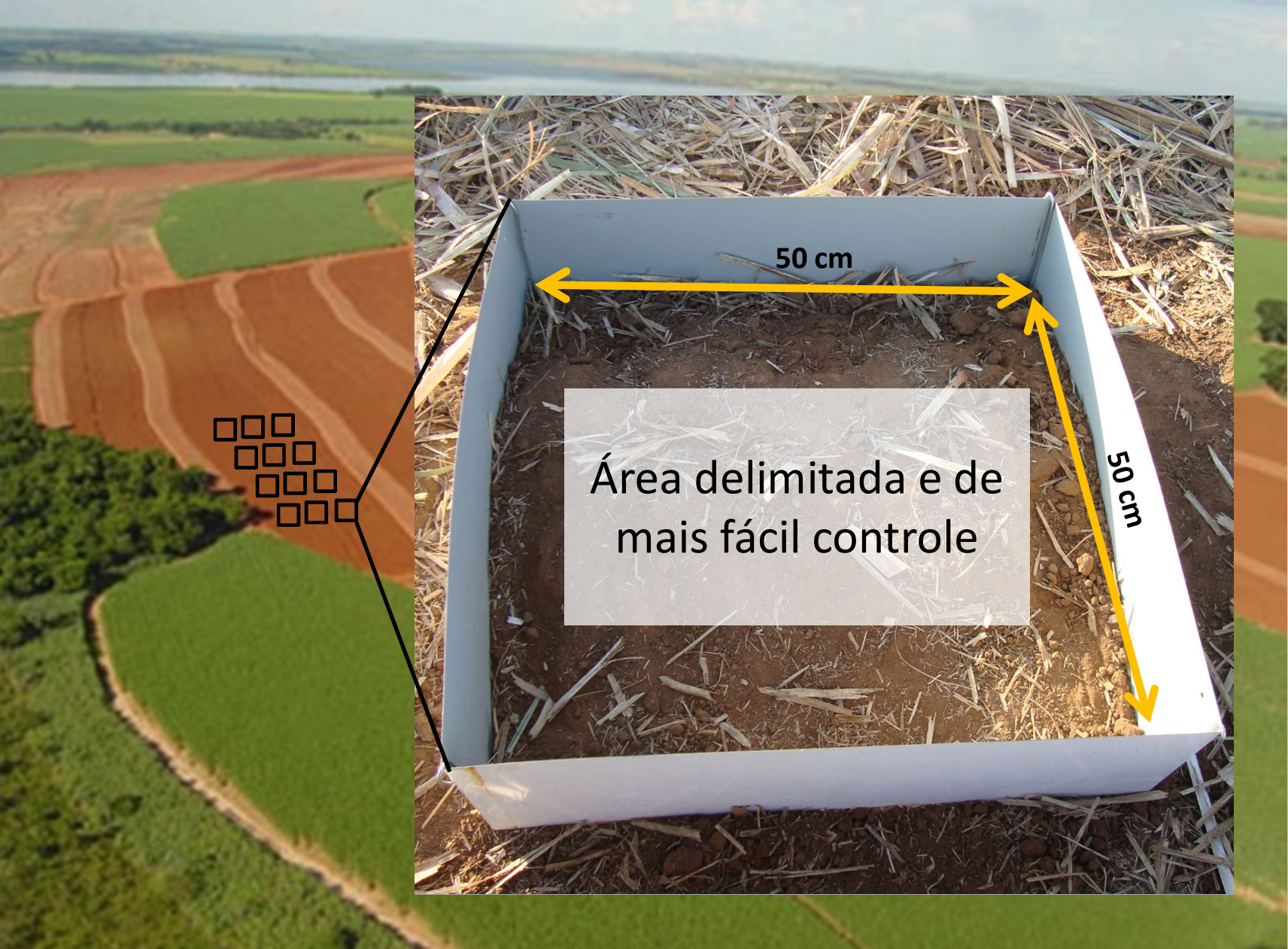
- Atributos por compartimento





Avaliação da taxa de decomposição das diferentes doses de palha

6 locais sob climas contrastantes



50 cm

50 cm

Área delimitada e de mais fácil controle



**Deposição da palha dentro
da câmara**

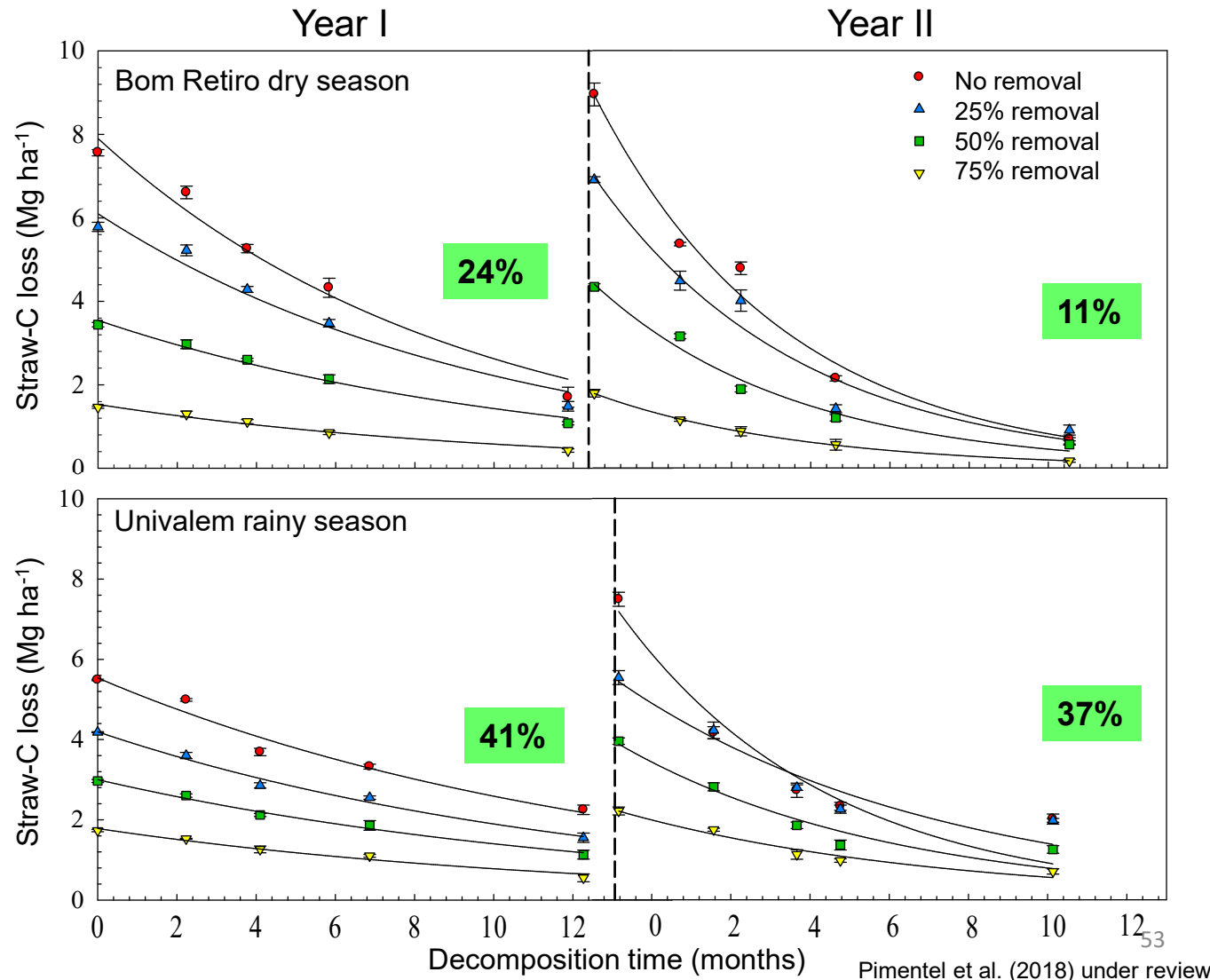


Resultado da instalação



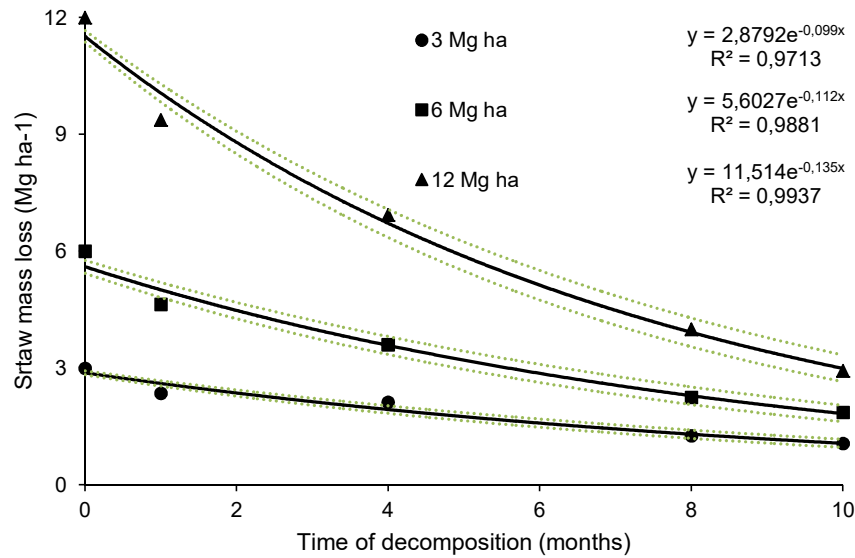


Decomposição da palha

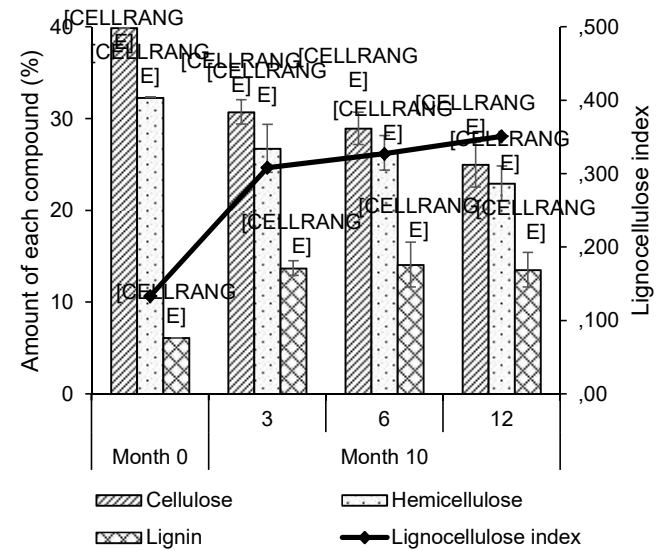


196
equações
decomposição

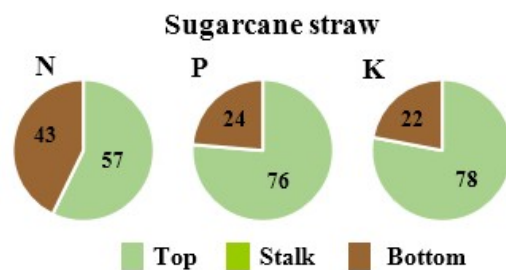
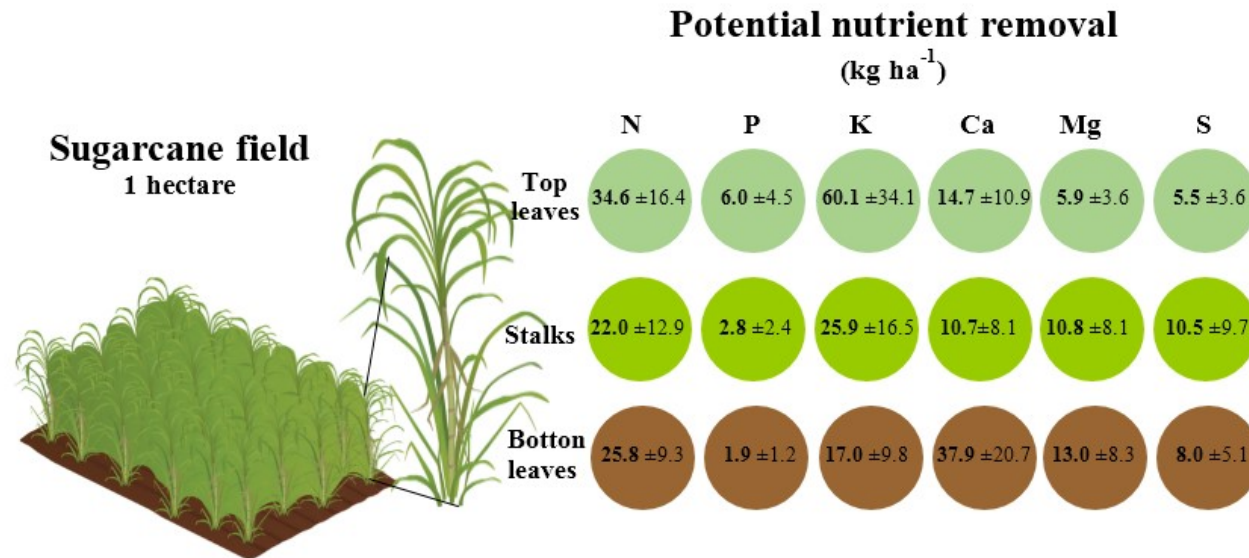
Decomposição da palha



Quantidade e Qualidade



Ciclagem dos Nutrientes da Palha



Potential **nutrient removal** by straw is considerable, especially **K** and **N** present in the green (top) leaves.

Artigos científicos publicados em revista científicas



CSIRO PUBLISHING
Soil Research
<http://dx.doi.org/10.1071/SR16310>

Sugar cane straw left in the field during harvest: decomposition dynamics and composition changes

José G. de A. Sousa Jr^{A,C}, Maurício R. Cherubin^{A,C}, Carlos E. P. Cerri^B, Carlos C. Cerri^A, and Brigitte J. Feigl^A

^AUniversity of São Paulo, Center for Nuclear Energy in Agriculture, Av. Centenário, 303, Piracicaba, SP 13416-000, Brazil.

^BUniversity of São Paulo, 'Luiz de Queiroz' College of Agriculture, Department of Soil Science, Av. Pádua Dias 11, Piracicaba, SP 13418-900, Brazil.

^CCorresponding authors. Email: josegeraldojunior@hotmail.com; cherubin@usp.br



Sugarcane straw decomposition in the expansion region of cultivation in Brazil

Leticia L. Varanda^{1*}, Maurício R. Cherubin², Carlos E. P. Cerri¹

¹ University of São Paulo, "Luiz de Queiroz" College of Agriculture, 11 Pádua Dias Avenue, Piracicaba, SP 13418-900 Brazil.

² University of São Paulo, Center for Nuclear Energy in Agriculture, 303 Centenário Avenue, Piracicaba, SP 13400-970 Brazil

Decomposition of sugarcane straw in the central-southern Brazil: basis for management decisions for bioenergy production



Laisa G. Pimentel^{a*}, Mauricio R. Cherubin^b, Carlos E. P. Cerri^a, Carlos C. Cerri^{b†}

^a University of São Paulo, "Luiz de Queiroz" College of Agriculture, 11 Pádua Dias Avenue, Piracicaba, SP 13418-900 Brazil.

^b University of São Paulo, Center for Nuclear Energy in Agriculture, 303 Centenário Avenue, Piracicaba, SP 13400-970 Brazil

Ferramenta para estimativa de reposição de nutrientes

5	Nutrient replenish by MINERAL fertilizers				
	Removal rate %	Dry mass (Mg ha ⁻¹)	Nutrient removal (kg ha ⁻¹)		
			N-Urea	P-SPT	K-KCl
0	0	0	0	0	
25	3	34	11	39	
50	6	67	22	77	
75	9	101	33	116	
100	12	134	44	154	

Source	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	%		
Urea	45	-	-
SPT	-	41	-
KCl	-	-	60

6	Nutrient replenish by ORGANIC by-product use				
	Removal rate %	Dry mass (Mg ha ⁻¹)	Nutrient removal (kg ha ⁻¹)		
			N	P	K
0	0	67	67	145	
25	3	52	65	126	
50	6	37	63	107	
75	9	21	61	87	
100	12	6	59	68	

By-product	N	P	K
	g kg ⁻¹		
Conc. vinasse	1.99	-	13.38
Filtercake	14.27	17.87	2.41
Ash	0.64	4.22	10.07
Compost (2:1)	9.77	13.37	4.94

Organic fertilization			
Dose	N	P	K
	kg ha ⁻¹		
9 m ³ ha ⁻¹ Conc. vinasse	18	0	120
25 ton ha ⁻¹ compost (5 yr)	49	67	25
Total	67	67	145

Ferramenta para estimativa de reposição de nutrientes

Summary			
Straw removal Mg ha ⁻¹	Nutrient removal (kg ha ⁻¹)		
	N	P	K
1	5	1	6
Enter the amount of straw to be removed	Mineral fertilizer (kg ha ⁻¹)		
	N-Urea	P-SPT	K-KCl
	11	4	13

- Atributos por compartimento

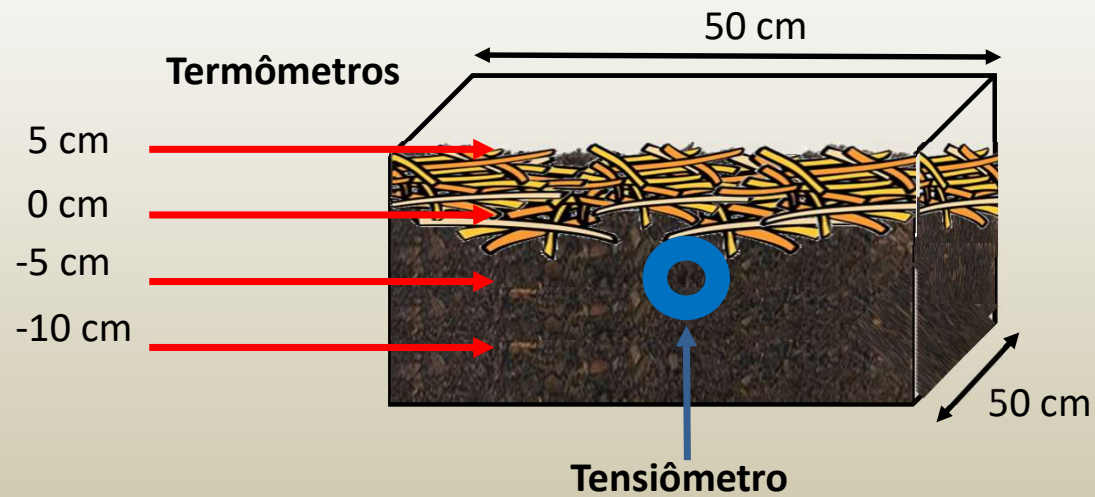


Carbono	%
Nitrogênio	%
Relação C:N	-
Fósforo	mg/kg
Potássio	mmol _c Kg
Cálcio	mmol _c Kg
Magnésio	mmol _c Kg
Alumínio	mmol _c Kg
H+Al	mmol _c Kg
Soma de Bases	mmol _c Kg
CTC	mmol _c Kg
Saturação por bases	%
Saturação por alumínio	%
Enxofre	mg/kg
Agregados	4 tamanhos

Avaliação do solo: propriedades físicas, químicas e biológicas



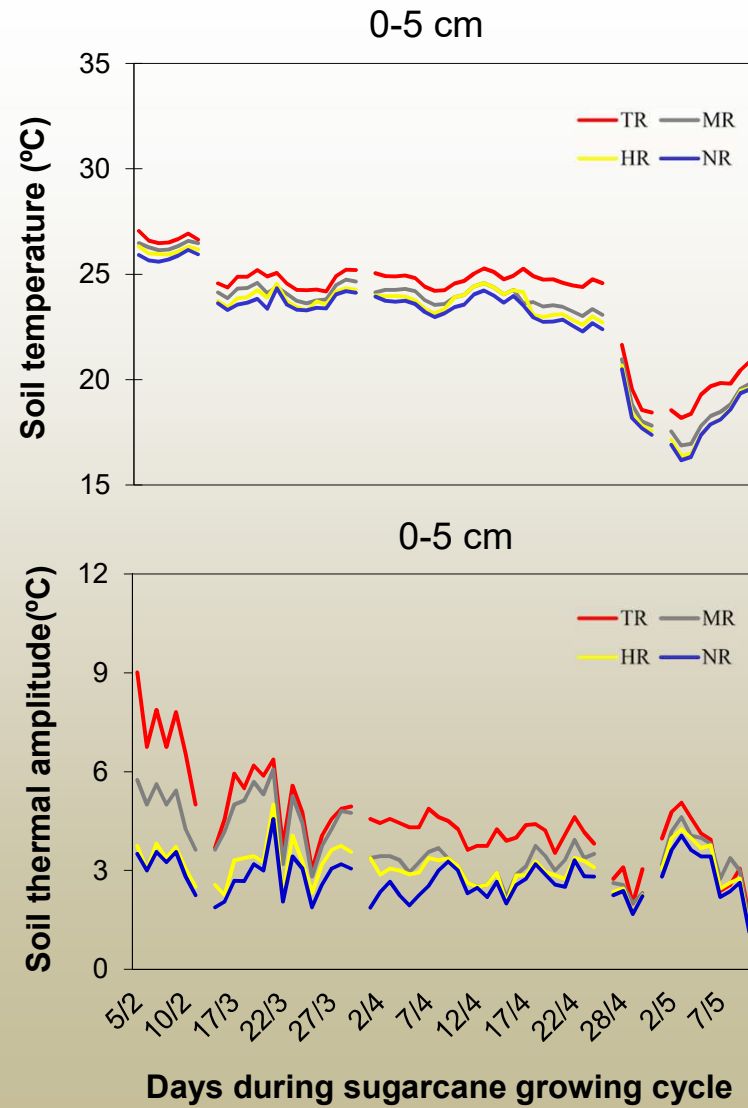
Avaliações de temperatura e umidade



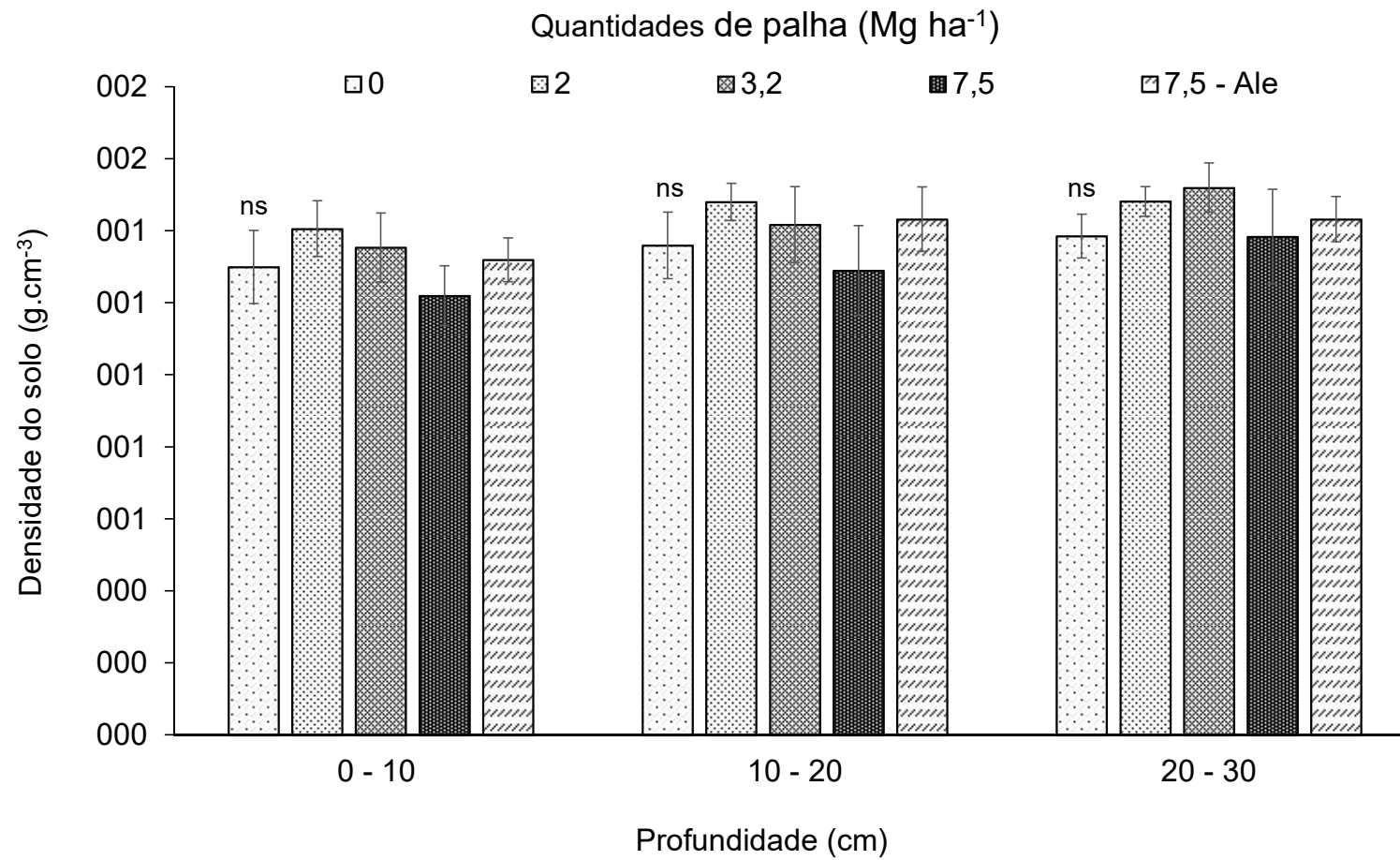
TRATAMENTOS



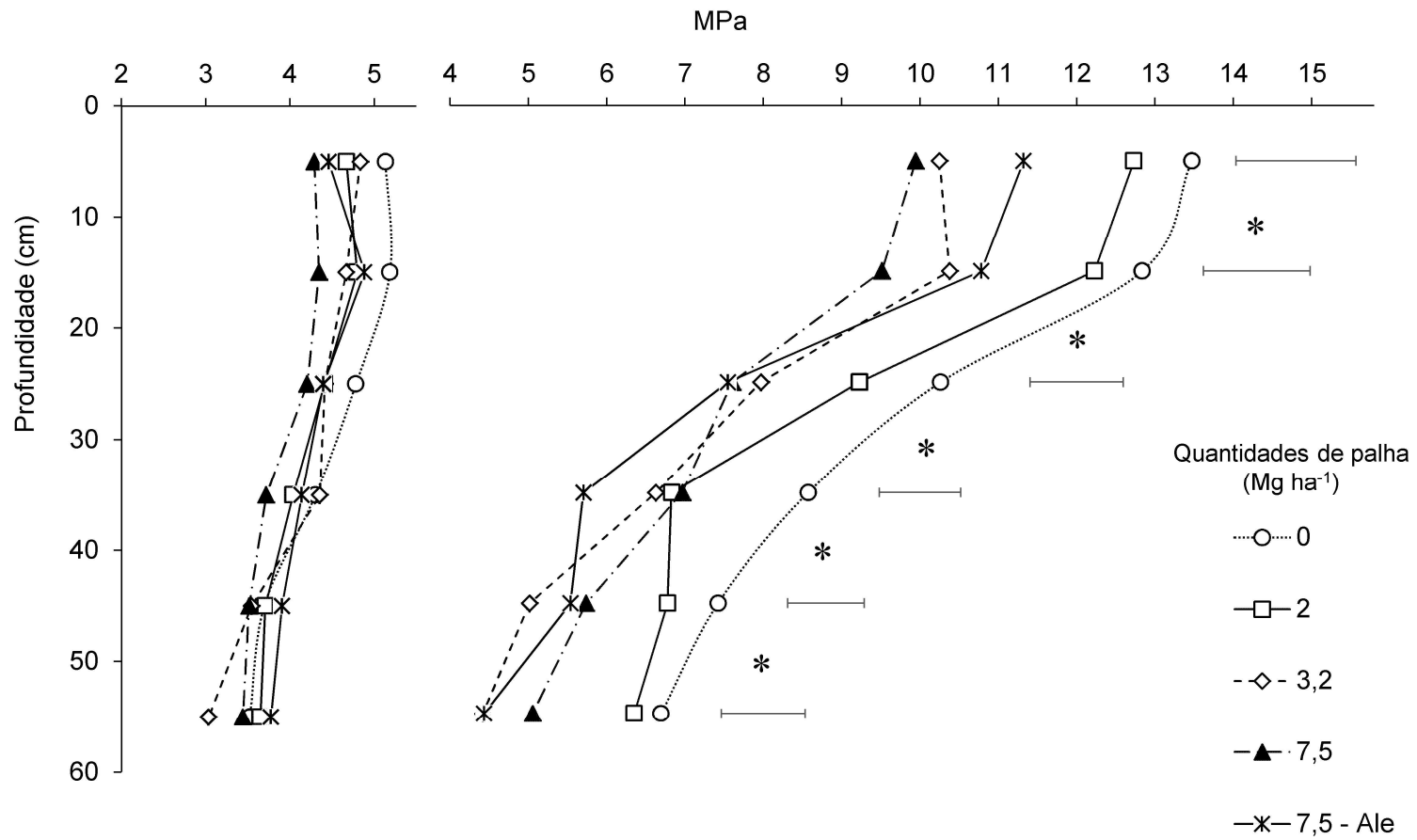
Temperatura do solo



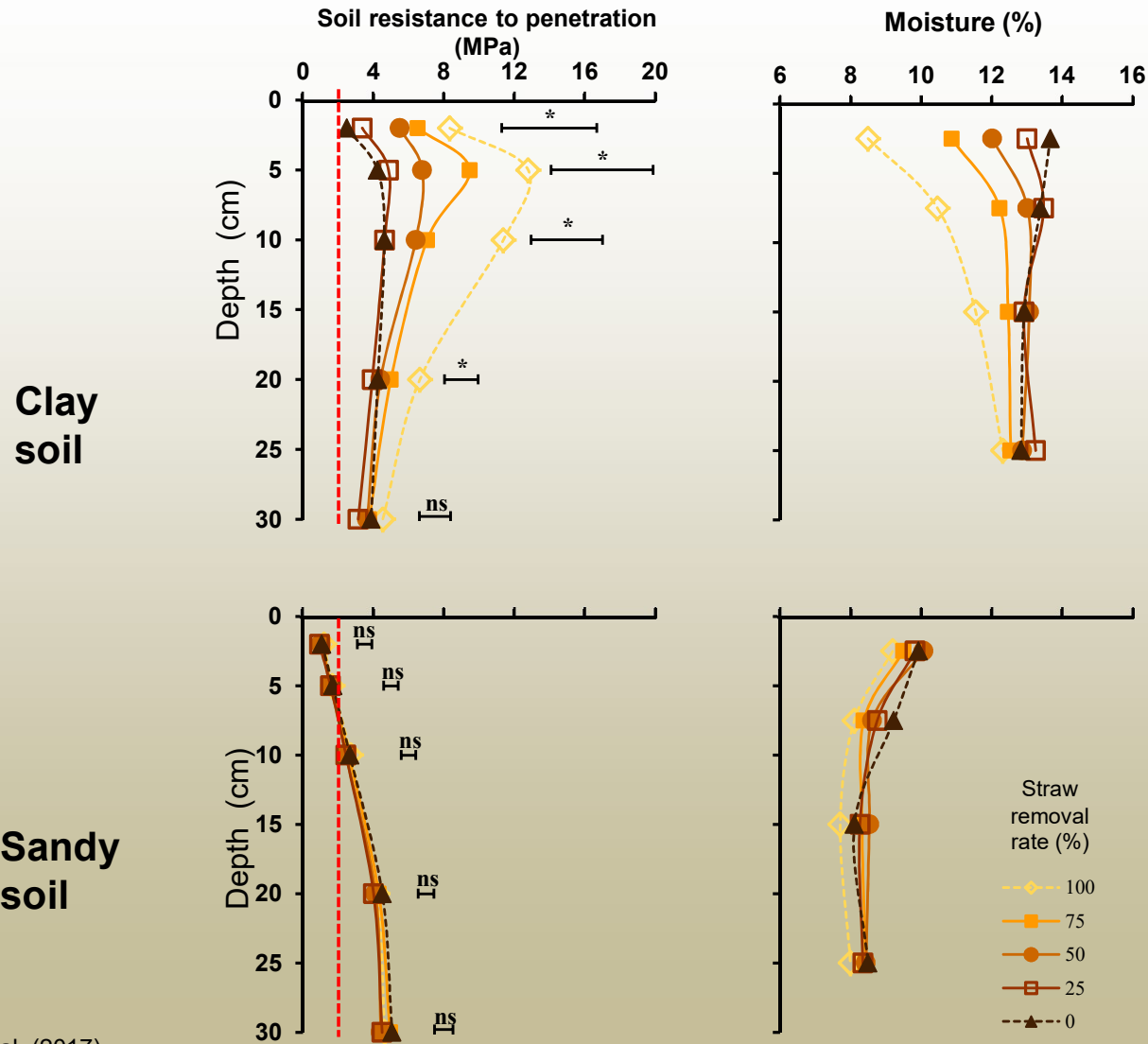
Densidade do solo



Resistência à penetração

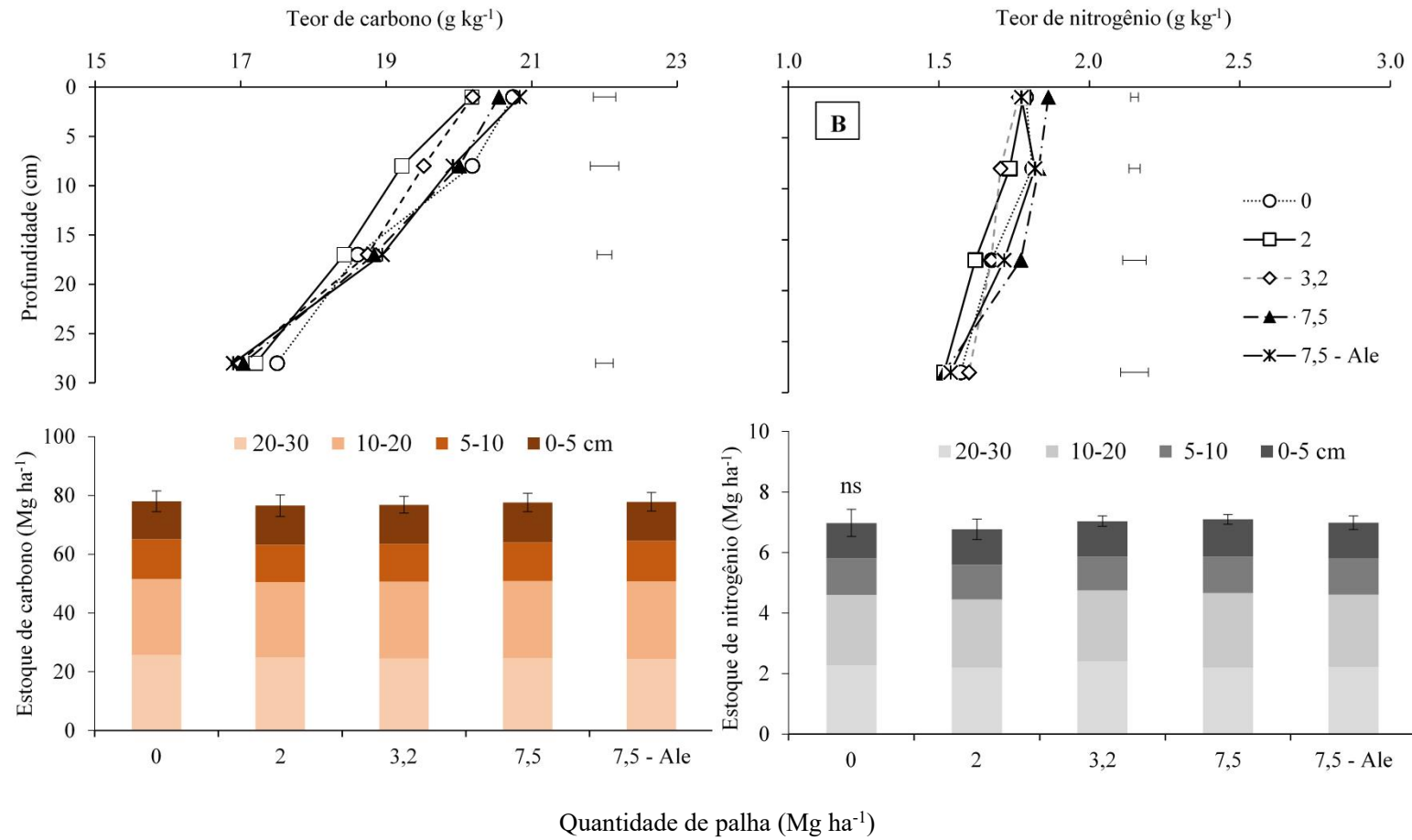


Avaliação da compactação do solo: resistência a penetração

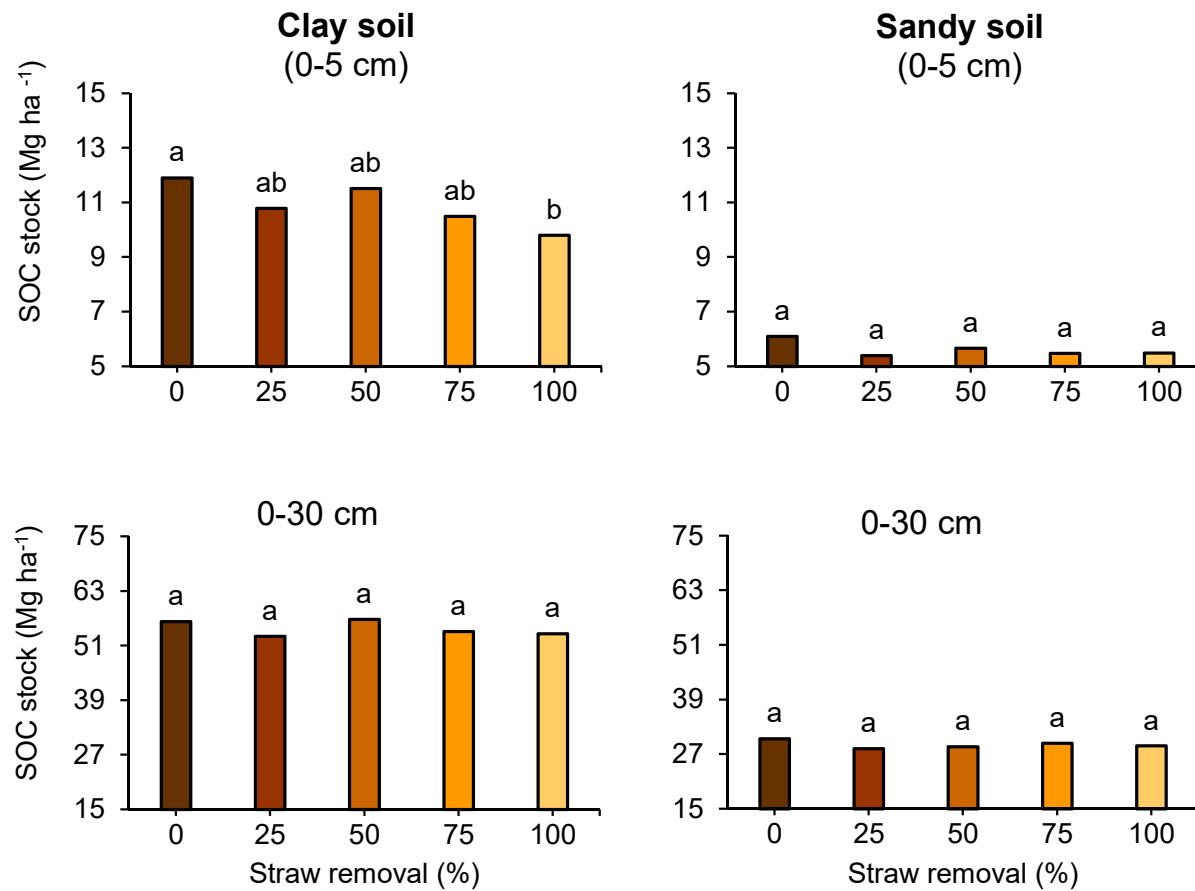


Satiro et al. (2017)

Carbono e nitrogênio no solo

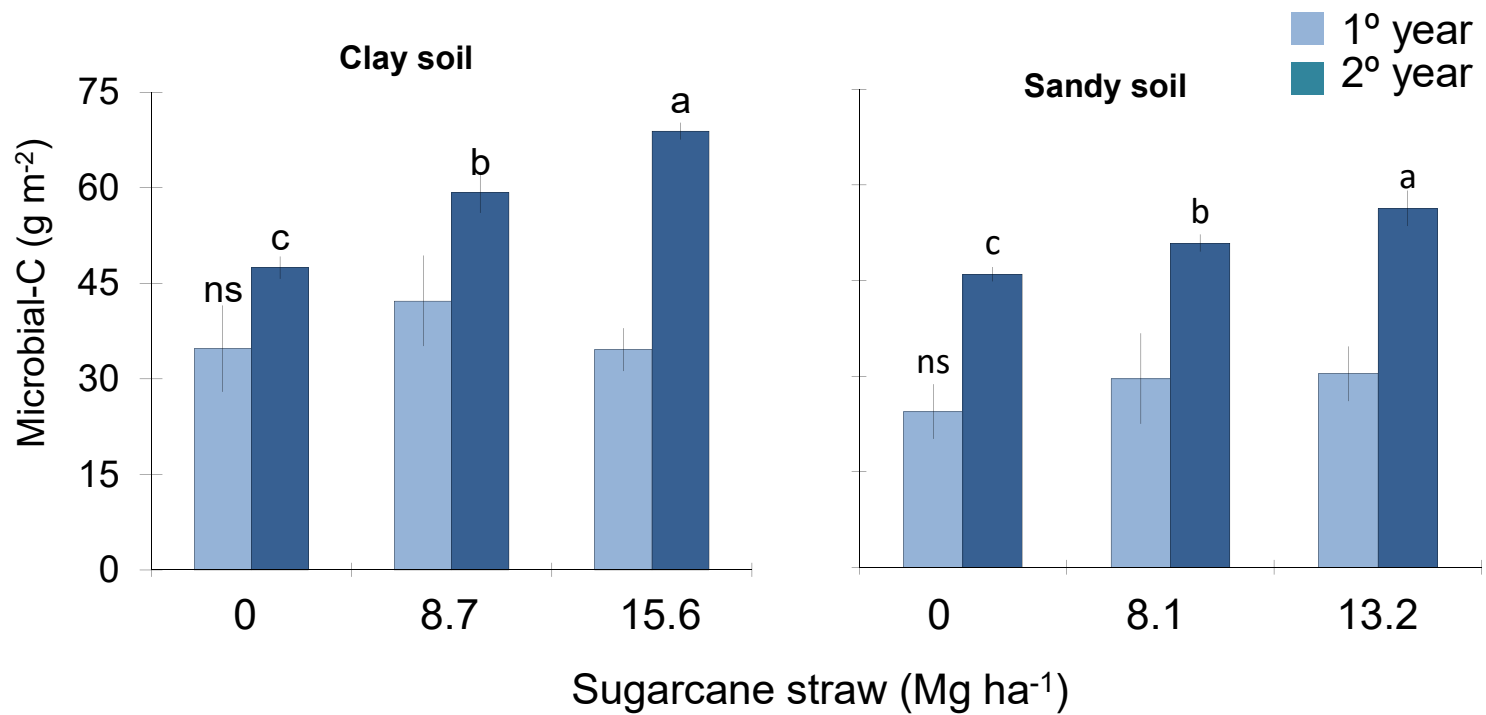
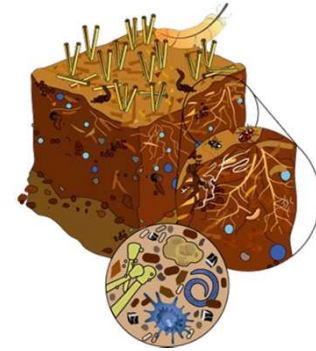


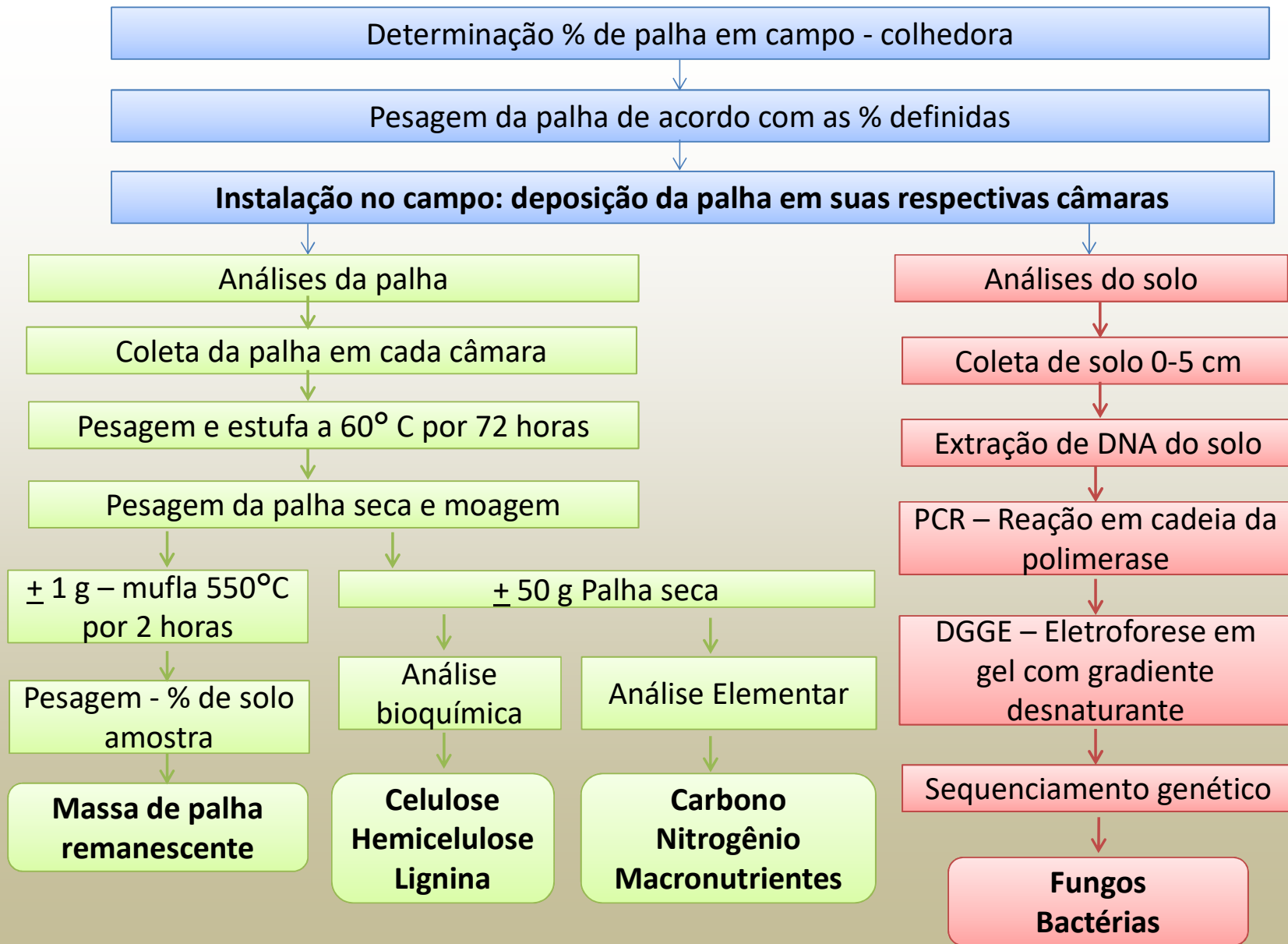
Carbono Orgânico do Solo



Biomassa Microbiana C

(0-10 cm)

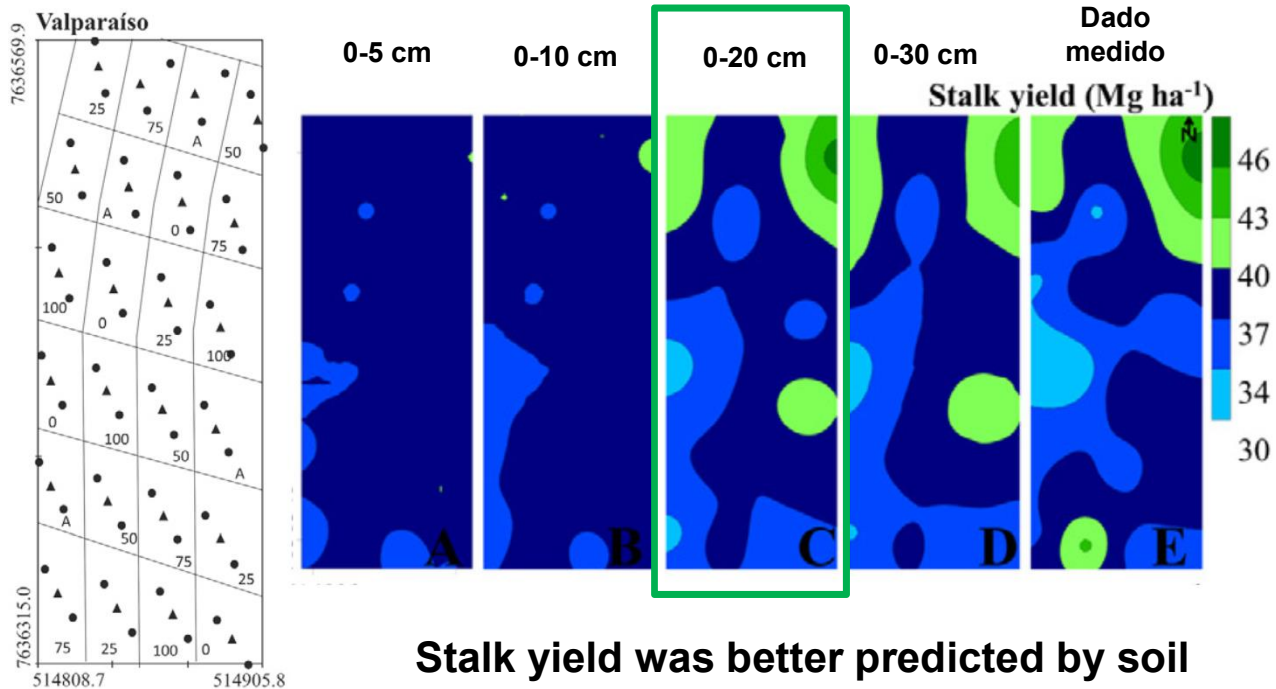




Prediction of Sugarcane Yield by Soil Attributes under Straw Removal Management

Lucas Santos Satiro,* Maurício Roberto Cherubin, Izaias Pinheiro Lisboa, Rogério de Souza Noia Junior, Carlos Clemente Cerri, and Carlos Eduardo Pellegrino Cerri

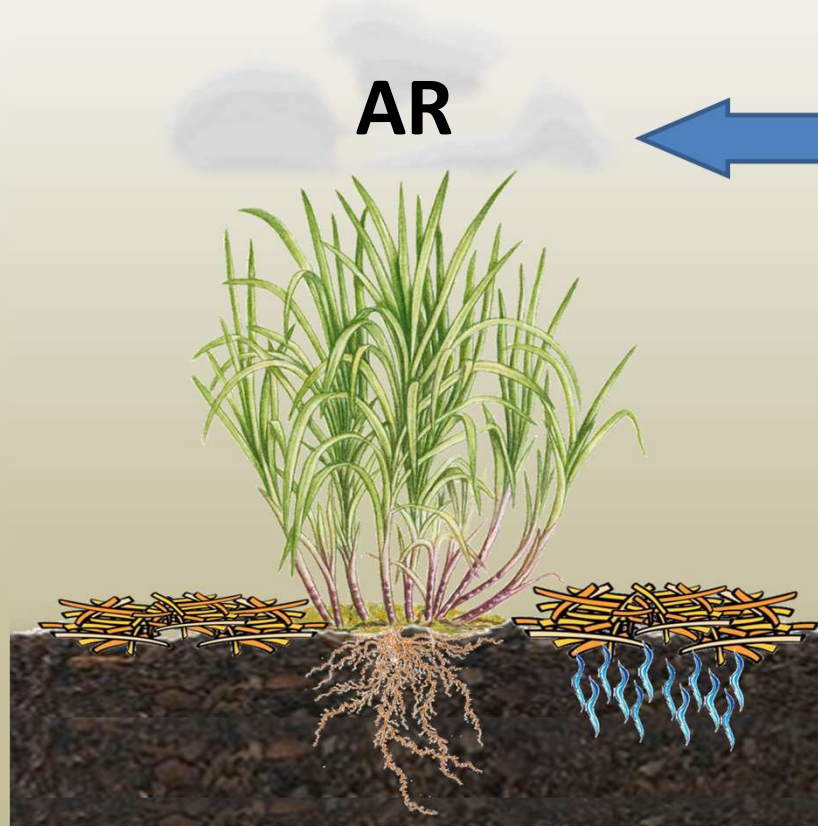
Agronomy Journal • Volume 110, Issue 6 • 2018



Stalk yield was better predicted by soil data from 0-20 cm layer.

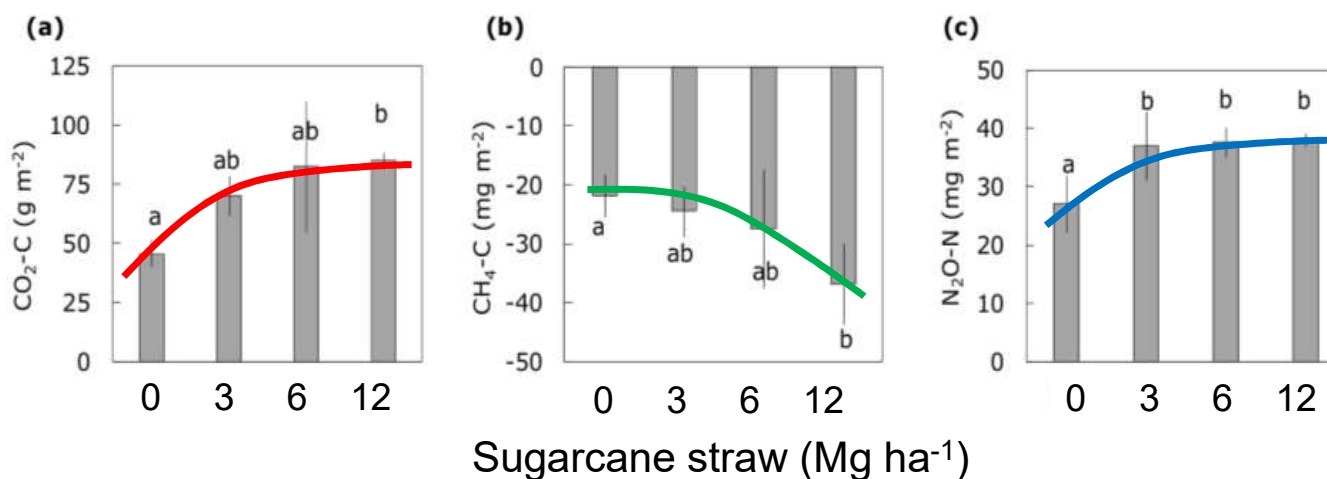
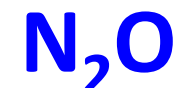
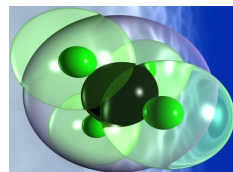
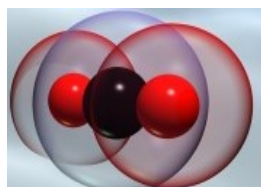
$$Y = 121.0 - 51.1C + 2.0Mg - 0.8P - 2.4PR - 24.5BD$$

- Atributos por compartimento

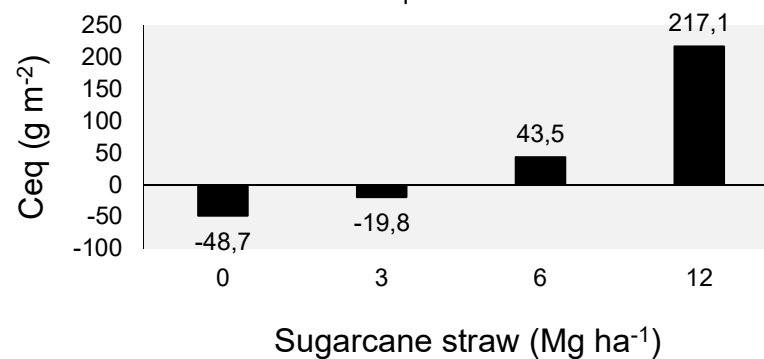


Metano	$\mu\text{g C-CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$
Óxido nitroso	$\mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$
Gás carbônico	$\mu\text{g C-CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$
Precipitação	Mm
Umidade do solo	%WHC
Temperatura	°C
Taxa de decomposição	-
Peso fresco da palha	g
Relação C:N	-
Lignina/N	-
Quantidade de palha sob o solo	g kg^{-1}
Celulose	g kg^{-1}
Lignina	g kg^{-1}
Carbono	g kg^{-1}
Nitrogênio	g kg^{-1}

Avaliação das emissões de gases do efeito estufa em função das diferentes quantidades de palha remanescentes na superfície do solo



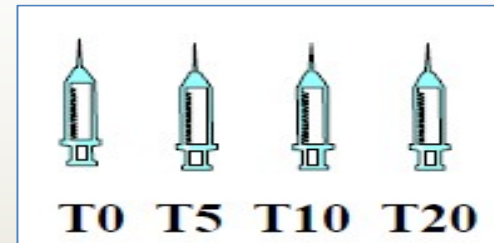
Soil C_{eq} balance



**Câmaras estáticas para medições das emissões de gases
do efeito estufa (CO₂, CH₄ e N₂O)**



Câmaras estáticas para medições das emissões de gases do efeito estufa (CO₂, CH₄ e N₂O)



Câmaras automáticas



Metodologia adotada neste experimento é capaz de mensurar:

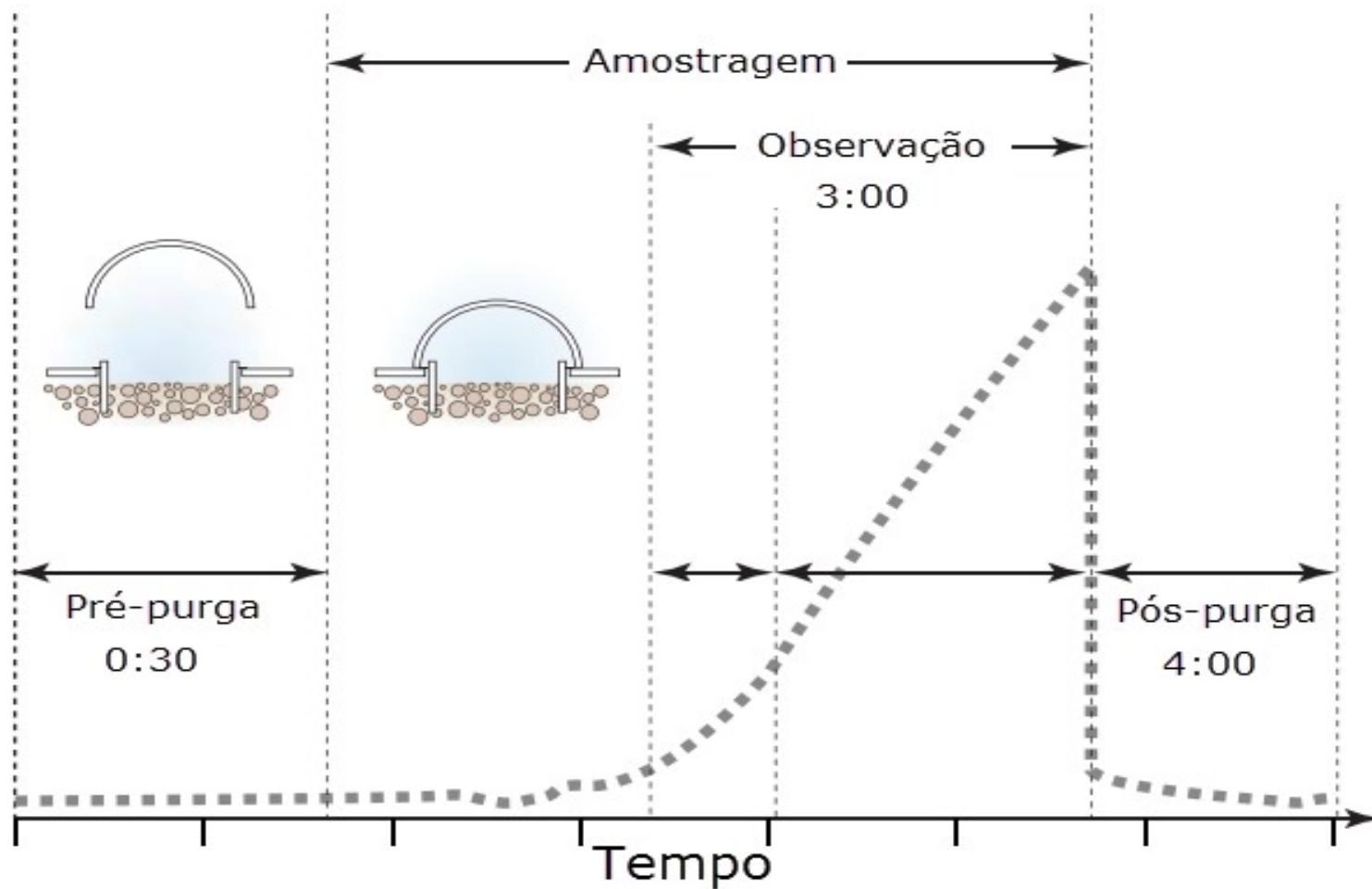


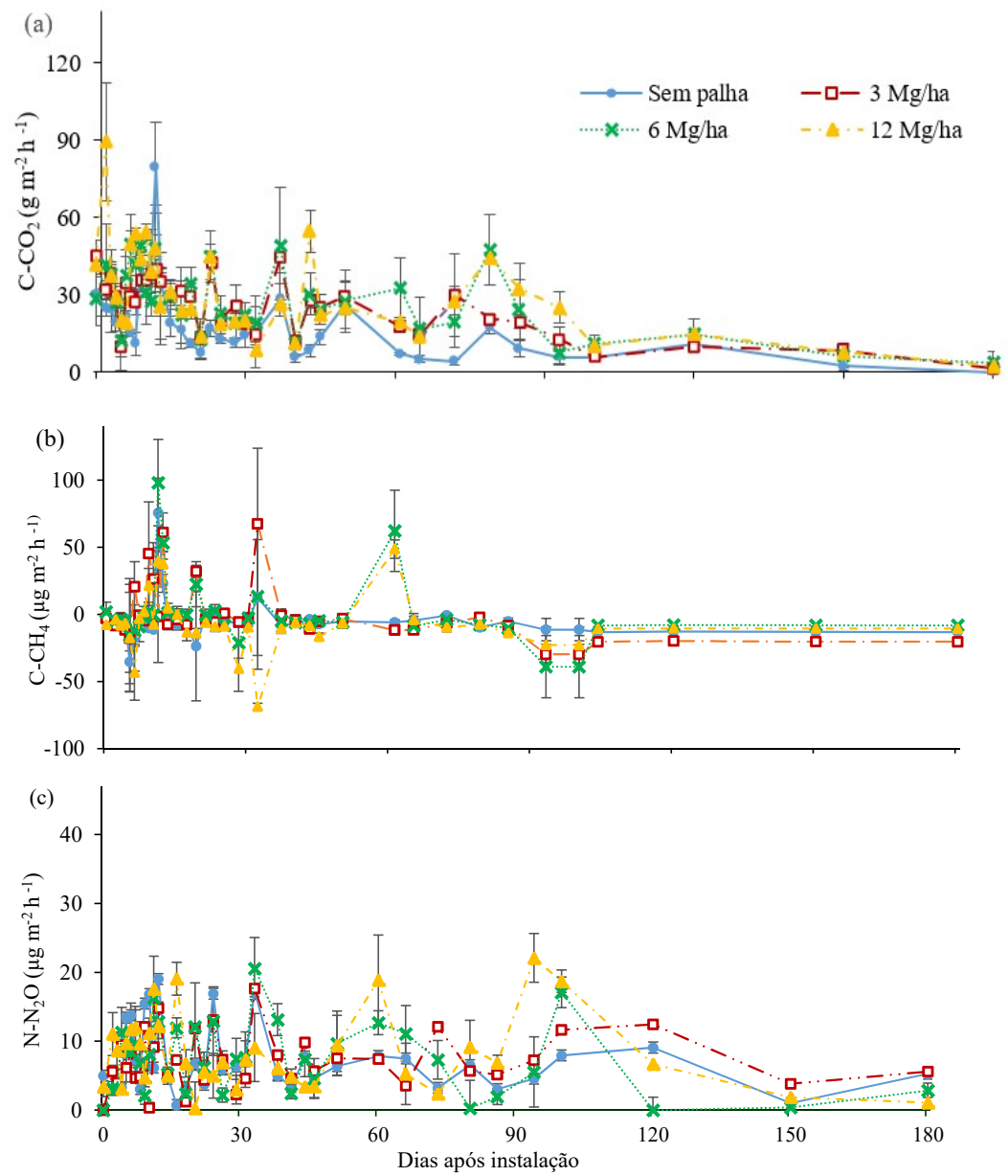




Câmaras automáticas e torre Eddy-Covariance para medições das emissões de gases do efeito estufa (CO_2 , CH_4 e N_2O)









ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Biomass and Bioenergy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/biombioe



Research paper

Greenhouse gas emission responses to sugarcane straw removal

Ana Luisa S. Vasconcelos^a, Mauricio R. Cherubin^b, Brigitte J. Feigl^a, Carlos E.P. Cerri^b,
Maria R. Gmach^b, Marcos Siqueira-Neto^{a,c,*}

^a Center for Nuclear Energy in Agriculture, University of São Paulo, Av. Centenário, 303, P.O. Box. 96, 13400-970, Piracicaba, SP, Brazil

^b College of Agriculture “Luiz de Queiroz”, University of São Paulo, Av. Pádua Dias, 11, 13400-970, Piracicaba, SP, Brazil

^c Center of Agrarian and Environmental Sciences, Federal University of Maranhão, Chapadinha, MA, Brazil



Ferramenta para estimativa da redução de emissão de GEE

Calculator

Straw removal
 Mg ha⁻¹

GHG emission
 Mg C eq. ha⁻¹

4.33

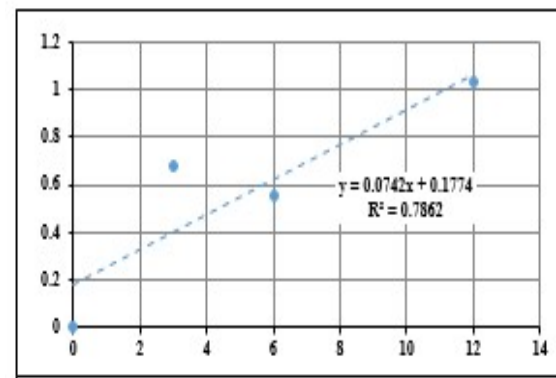
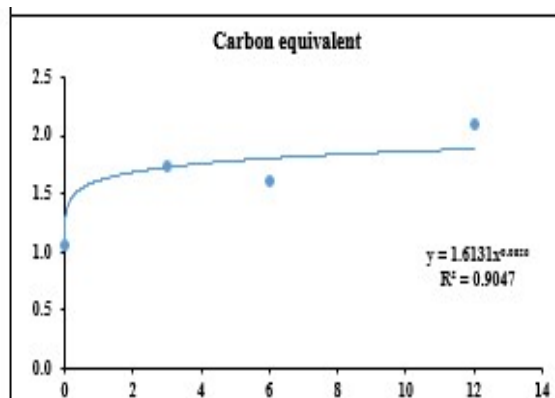
0.50

	C-CO ₂		C-CH ₄		N-N ₂ O	
	kg ha ⁻¹		kg ha ⁻¹		kg ha ⁻¹	
Soil (without straw)	346.08	±112.0	0.46	±0.17	0.82	±0.06
3 Mg ha ⁻¹	1,396.84	±100.0	0.73	±0.39	2.62	±0.31
6 Mg ha ⁻¹	1,293.46	±100.0	0.16	±0.03	2.45	±0.52
12 Mg ha ⁻¹	1,623.64	±110.0	0.36	±0.19	3.60	±0.68

	Carbon Dioxide CO ₂	Methane CH ₄	Nitrous Oxide N ₂ O
	kg ha ⁻¹		
Soil (without straw)	3,468.96	0.61	1.3
3 Mg ha ⁻¹	5,121.75	0.97	4.1
6 Mg ha ⁻¹	4,742.69	0.21	3.9
12 Mg ha ⁻¹	5,953.35	0.48	5.7

	Carbon Dioxide CO ₂	Methane CH ₄	Nitrous Oxide N ₂ O
	kg CO ₂ e ha ⁻¹		
Soil (without straw)	3,468.96	15.33	383.99
3 Mg ha ⁻¹	5,121.75	24.33	1,226.91
6 Mg ha ⁻¹	4,742.69	5.33	1,147.30
12 Mg ha ⁻¹	5,953.35	12.00	1,685.83

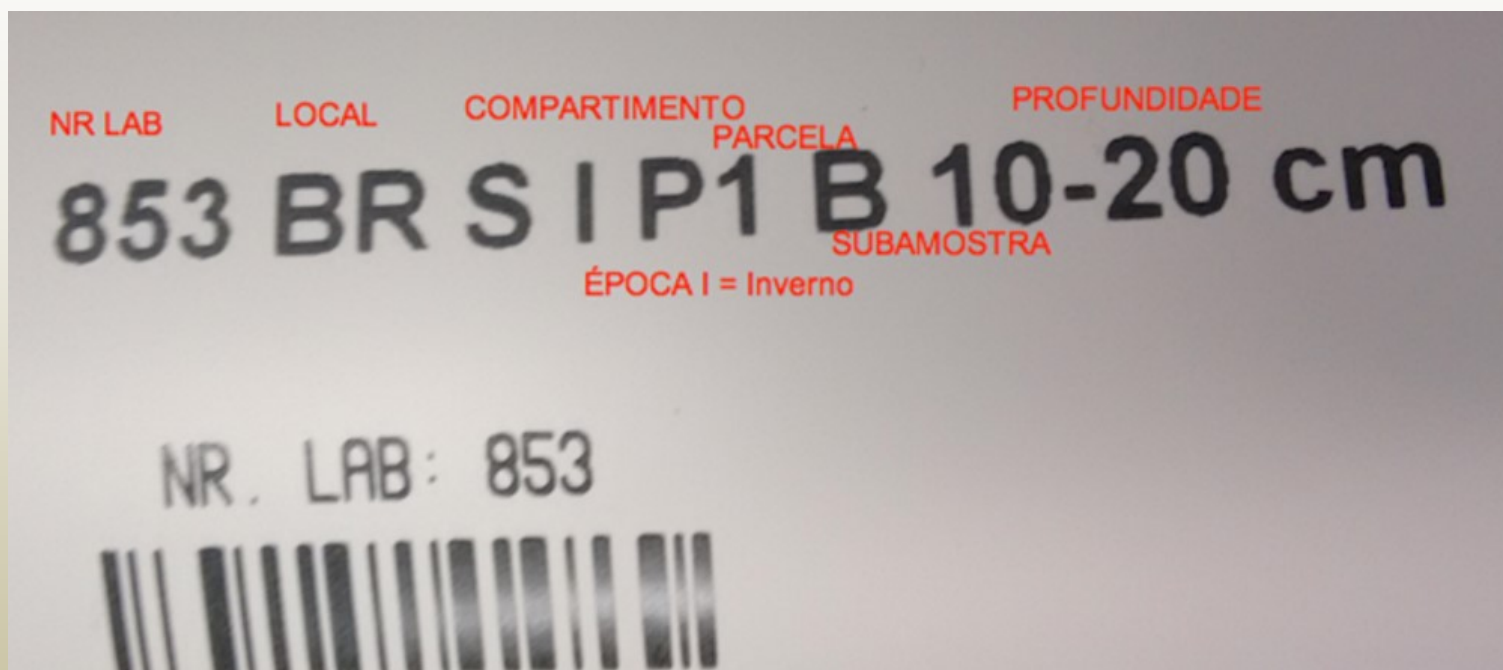
	CO ₂ e	CARBON
	Mg CO ₂ e ha ⁻¹	Mg C ha ⁻¹
Soil (without straw)	3.9	1.05
3 Mg ha ⁻¹	6.4	1.74
6 Mg ha ⁻¹	5.9	1.61
12 Mg ha ⁻¹	7.7	2.09



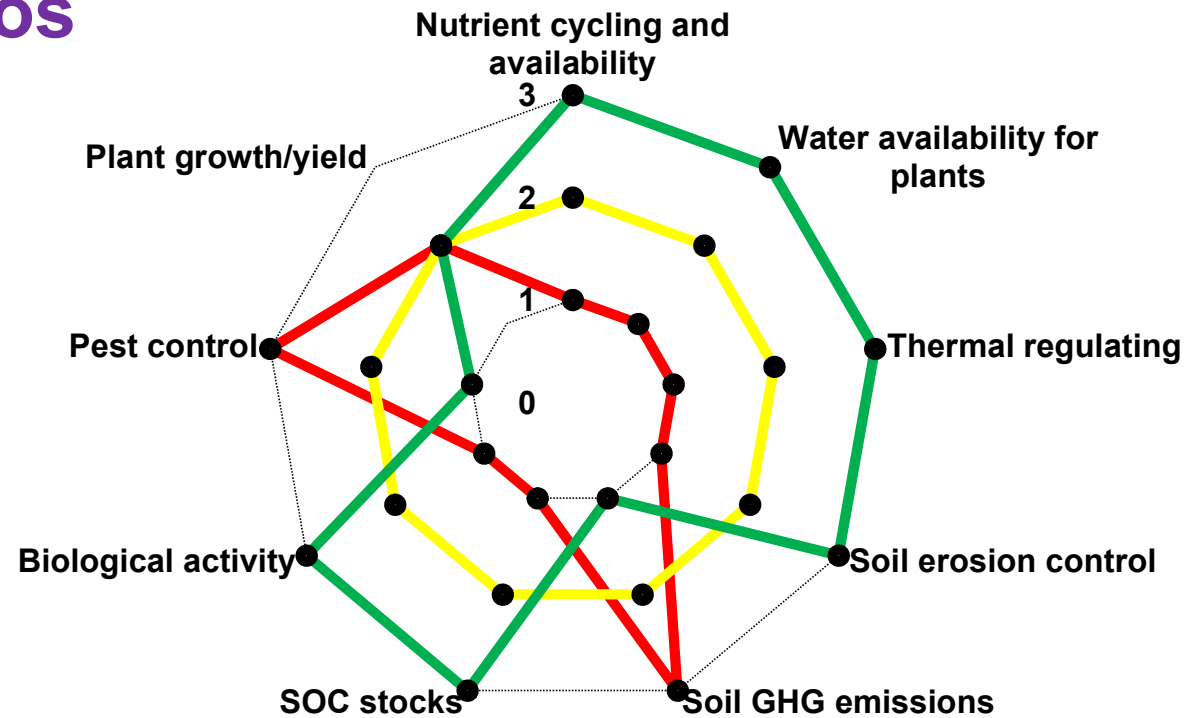
Informações customizadas sobre a quantidade de palha a ser removida



Exemplo de codificação de amostra



Integração resultados palha



Crop residue harvest rate

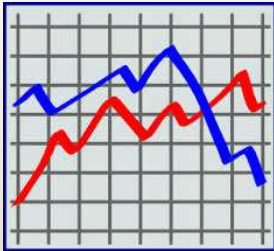
- High harvest
- Moderate harvest
- No harvest

Impact scale

- 1 - Low
- 2 - Medium
- 3 - High

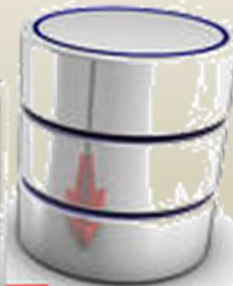
Estratégia adotada para obter as informações

TAXAS DE DECOMPOSIÇÃO
DA PALHA



PRODUTIVIDADE DA
CANA-DE-AÇÚCAR

BASE DE DADOS

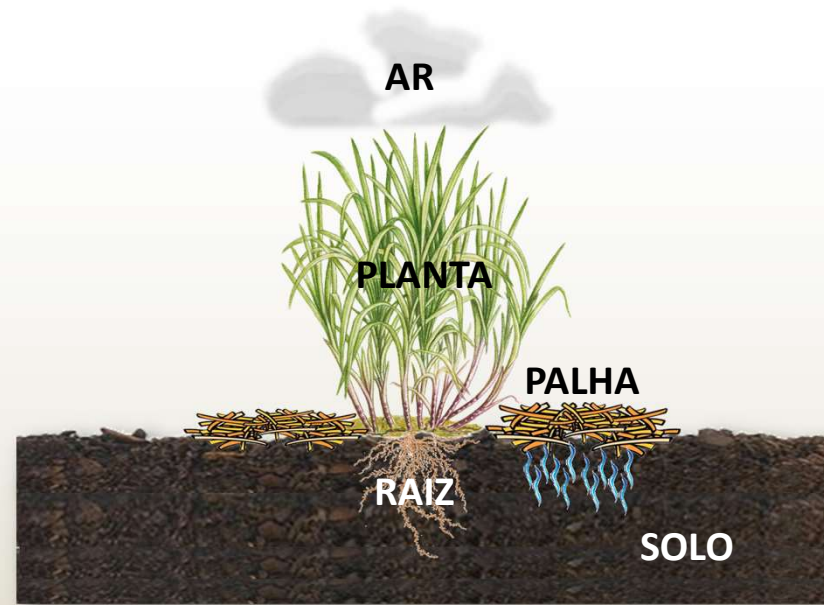


N_2O
 CO_2 CH_4

EMISSÃO DE GASES

SOFTWARE





Integração de
todas as
informações
geradas



Verificação dos dados
Análises estatísticas

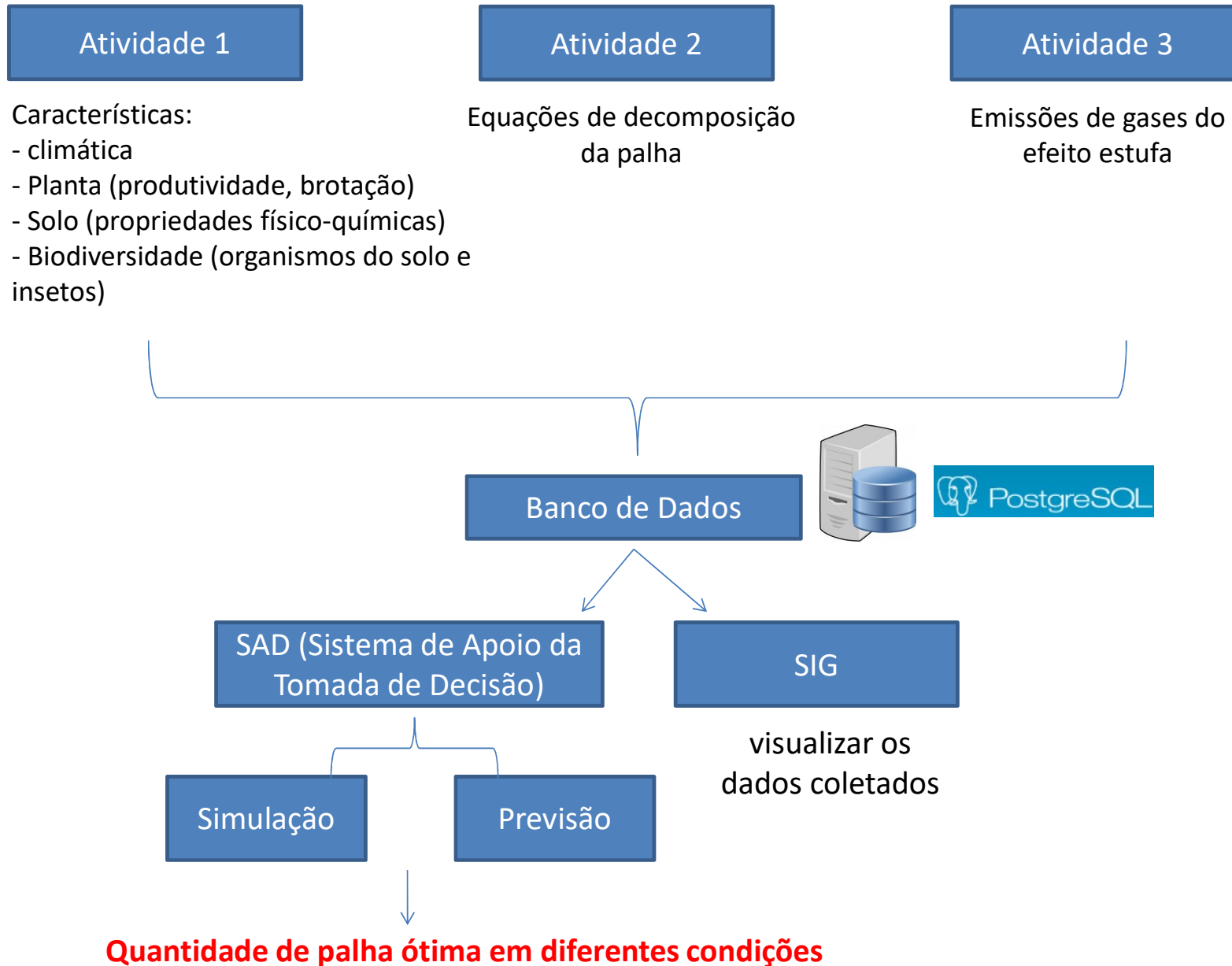


BASE DE DADOS

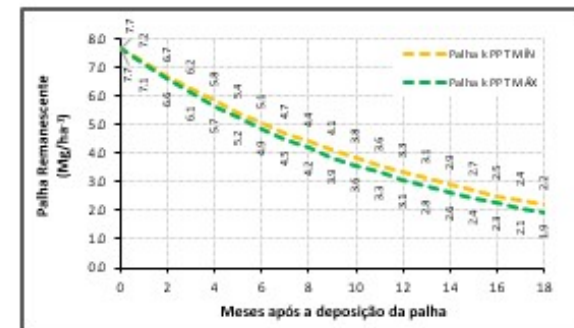
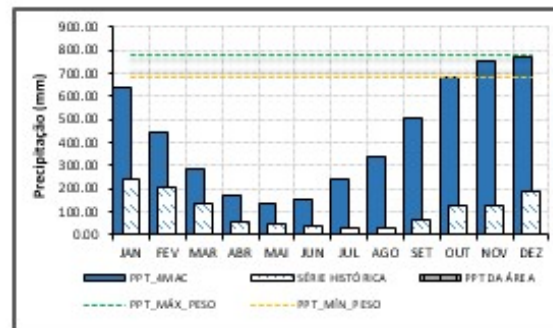
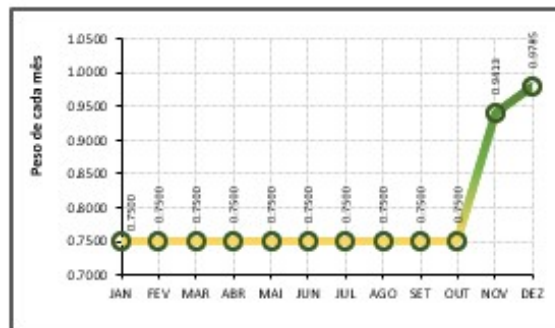


SISPALHA

Sistema integrado para a tomada de decisão sobre a quantidade de palha a ser removida para a indústria para a produção de etanol celulósico e bioenergia e a mantida no campo para manter a qualidade do solo e sua relação com a produtividade da cultura



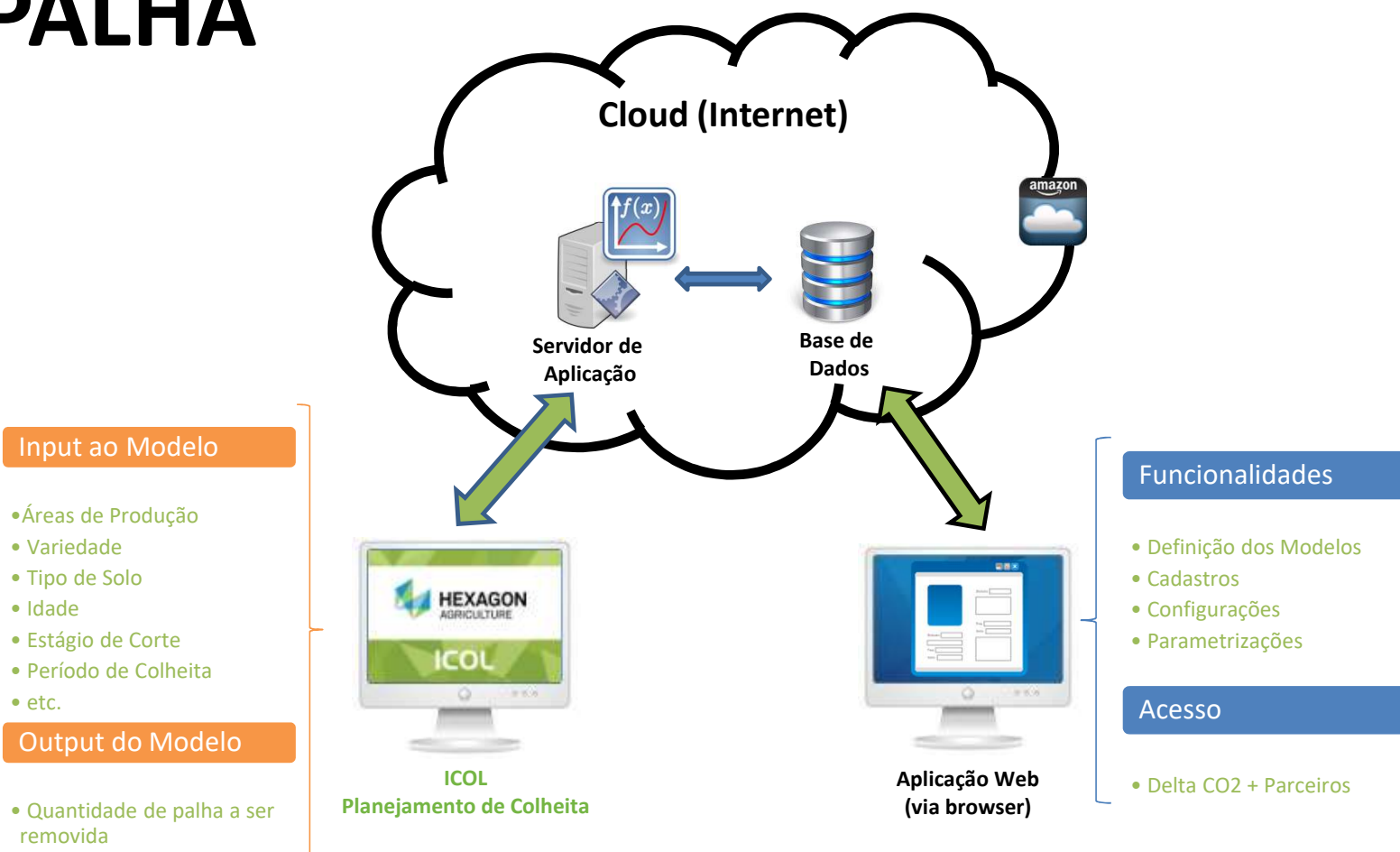
Estimativa da quantidade de remoção de palha



Estimativa da quantidade de remoção de palha



SISPALHA



Banco de dados

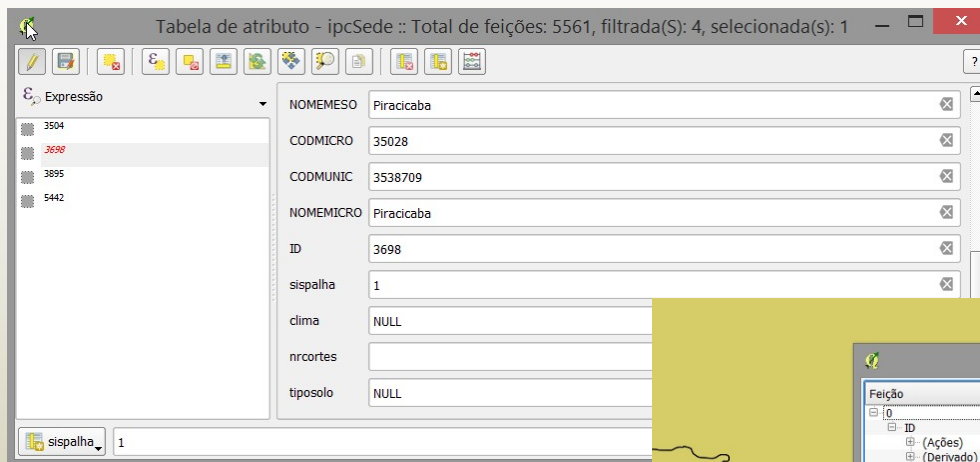
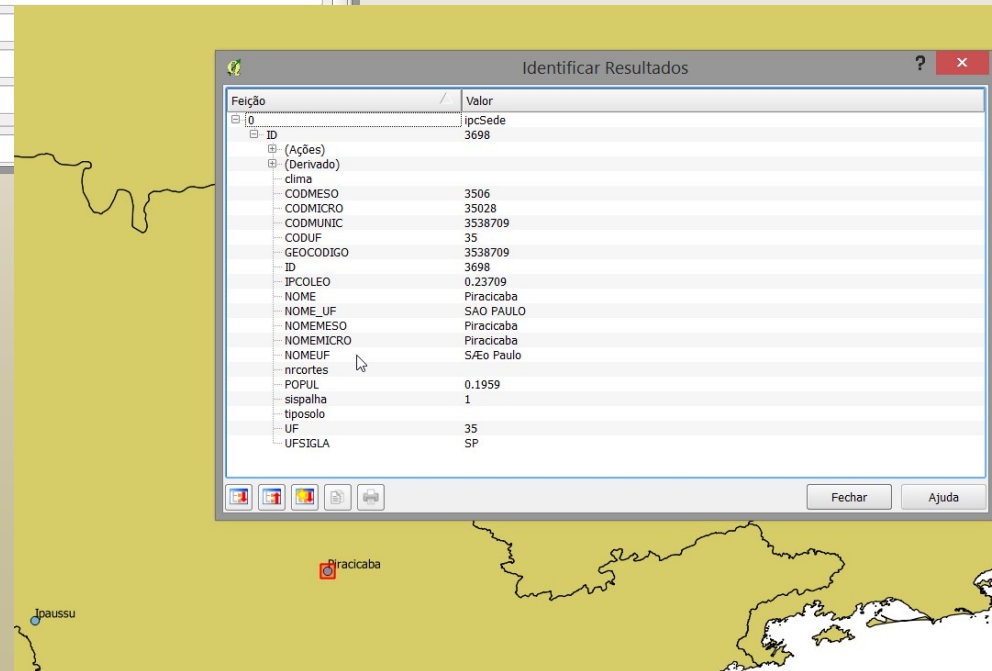


Tabela de atributos em formato shapefile



Visualização dos dados através de mapas





Serviço

Percentual Palha
Percentual Palha
Quantidade Palha

Cliente *

Usina 1

Variedade *

RB72454

Cidade *

Ribeirão Preto

Solo *

LR1

Estado *

SP

Produtividade

Região *

Nordeste Paulista

Calcular

Resultado

5,3 t ha⁻¹

% Qualidade: 87%

Tecnologia para o aproveitamento de palha da cana-de-açúcar no tripé geração de energia, produção de etanol de segunda geração e produtividade da cultura canavieira



Financiamento



Instituições de pesquisa



Empresas participantes



Gestão financeira

