



Aplicações utilizando ressonância magnética nuclear – da pesquisa ao produto

Daniel Consalter



USP



Embrapa
Instrumentação

FAPESP



A **Fine Instrument Technology**, situada em São Carlos – SP, é uma empresa 100% nacional que desenvolve equipamentos e soluções utilizando Ressonância Magnética Nuclear (RMN).

Possui no time de pesquisa e desenvolvimento técnicos, bacharéis, mestre e doutores com formação de físicos, químicos, engenheiros, técnicos em eletrônica e alimentos.

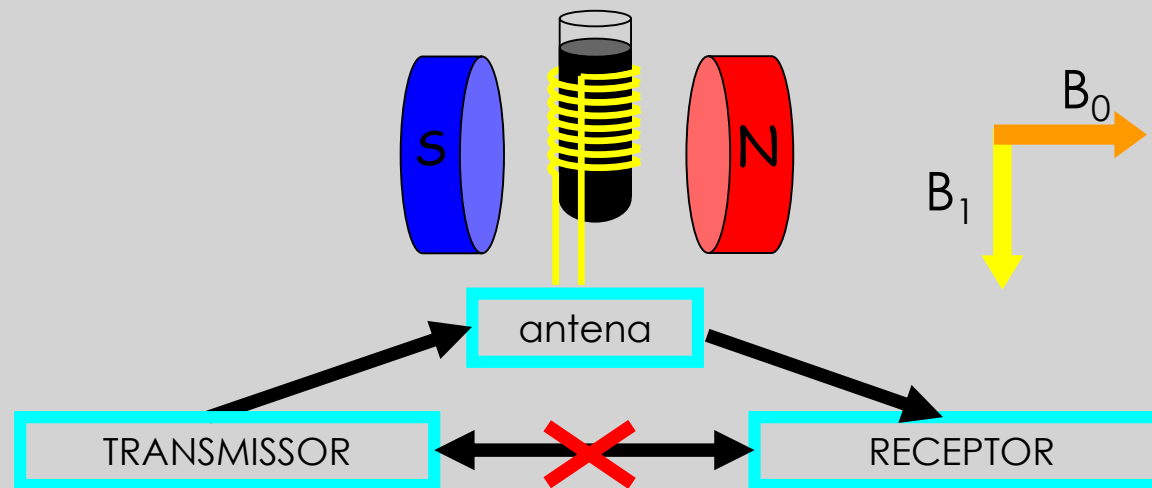
Desenvolveu o primeiro equipamento comercial de RMN, o **SpecFIT**, colocando o Brasil entre um seleto grupo que possui tal tecnologia.

Possui parceria com grandes nomes da área que somam-se a equipe de P&D garantindo aplicações inovadoras e de alta tecnologia e qualidade.

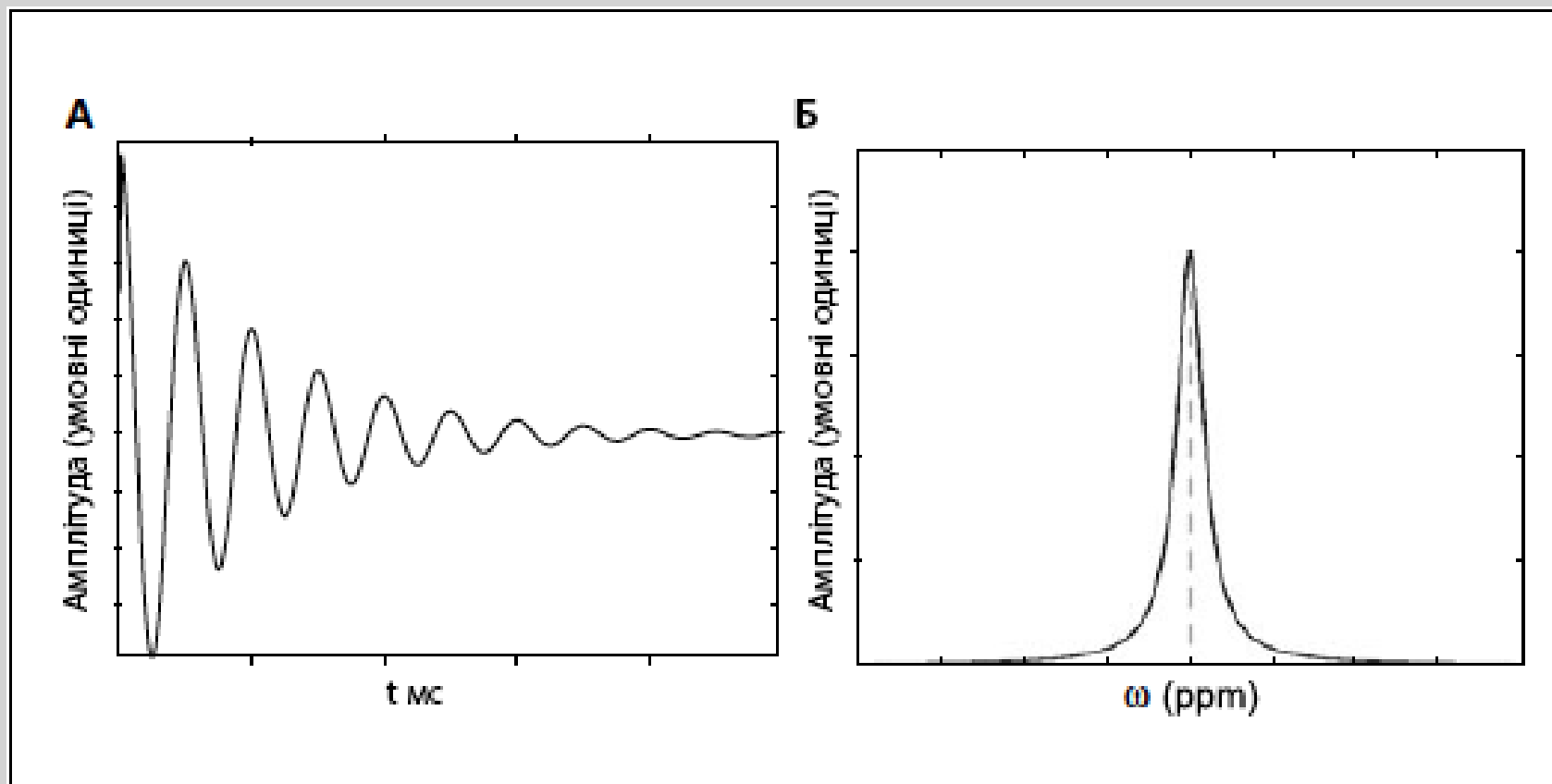
É um fenômeno que ocorre quando amostras contendo certos **núcleos com spin nuclear** (por exemplo, os **hidrogênios da água**), são colocadas em um **campo magnético estático (ímã)** e expostos à um segundo **campo magnético oscilante** (ondas de radiofrequência - RF).

Ao colocar uma **amostra** na presença deste **campo magnético (B_0)**, os **núcleos** citados desta amostra absorvem a **radiação eletromagnética emitida** e depois de desligada a emissão, estes núcleos emitem um sinal, o chamado sinal de RMN, que contém informações da amostra. A frequência de ressonância (ω_L) é proporcional à **força do campo magnético** pelo fator γ , que depende de cada **núcleo**. Por exemplo, em um campo magnético de **0,3 tesla**, a frequência de ressonância do **hidrogênio** é de **15 MHz**.

Esquemático simplificado de
um equipamento de RMN



Ímã (B_0): promover a polarização da amostra.
Transmissor: emitir a onda eletromagnética (B_1) que a amostra absorve.
Receptor: Detectar o sinal de RMN.



Transmissor: emitir a onda eletromagnetica (γ) que a amostra absorve.

Receptor: Detectar o sinal de RMN.

- 3 grandes áreas:
 - Alta resolução (espectroscopia)
 - Relaxometria (baixo campo)
 - Imagens



- Fundada em São Paulo em 2006 com capital próprio
 - Escritório + Laboratório/Show Room
- Objetivos:
 - Comercializar equipamentos médicos de IRM
 - Desenvolver o equipamento nacional de IRM
 - Viagem para China e EUA
 - Submissão do projeto FINEP e CNPq
 - Parceria USP para desenvolver console de RMN



- Dr. Horácio C. Panepucci e o Projeto ToRM
 - Dr. Alberto Tannús
 - Dr. Edson Vidoto
 - Dr. Mateus Martins
 - ...

1983: Primeiro sistema de aquisição de imagens desenvolvido no IFSC. Primeira imagem do hemisfério sul.



Sistema de 0,05 Tesla, ToRM 005, instalado nos laboratórios do IFSC-USP



IFSC **UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**
Instituto de Física de São Carlos



CIERMag
Centro de Imagens e Espectroscopia
in vivo por Ressonância Magnética

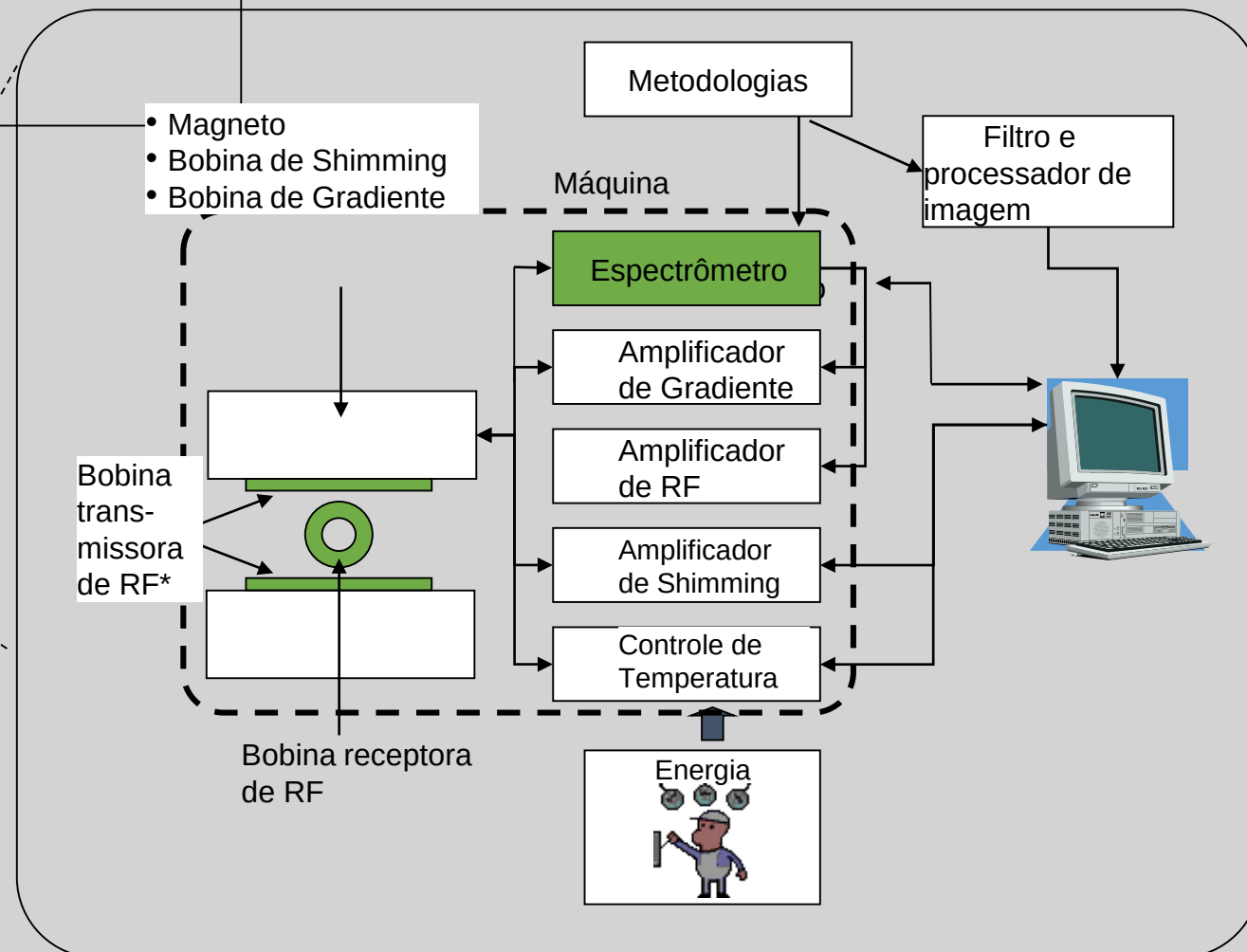
Sistema de 0,5 Tesla, ToRM 05, instalado na Santa Casa de São Carlos



- 2008: Aprovação de projeto de subvenção FINEP.
- 2009: Aprovação de projeto RHAEC/CNPq
- 2009: Contratação Daniel via bolsa RHAEC;
- 2010: Mudança para São Carlos.
 - Proximidade com CIERMag/IFSC/USP



Equipamento de MRI



- 2012: Daniel assume a gerência da FIT e entra no doutorado na USP
- 2012: Mudança para Fine Instrument Technology.
- 2012: Conclusão dos projetos FINEP e CNPq
 - SpecFIT Ultra e Bobinas de MRI (protótipo)
- 2013: Parceria EMBRAPA Instrumentação
 - Aplicações para alimentos in natura e industrializados
- 2013: Foco: equipamento de baixo campo

Linha do tempo

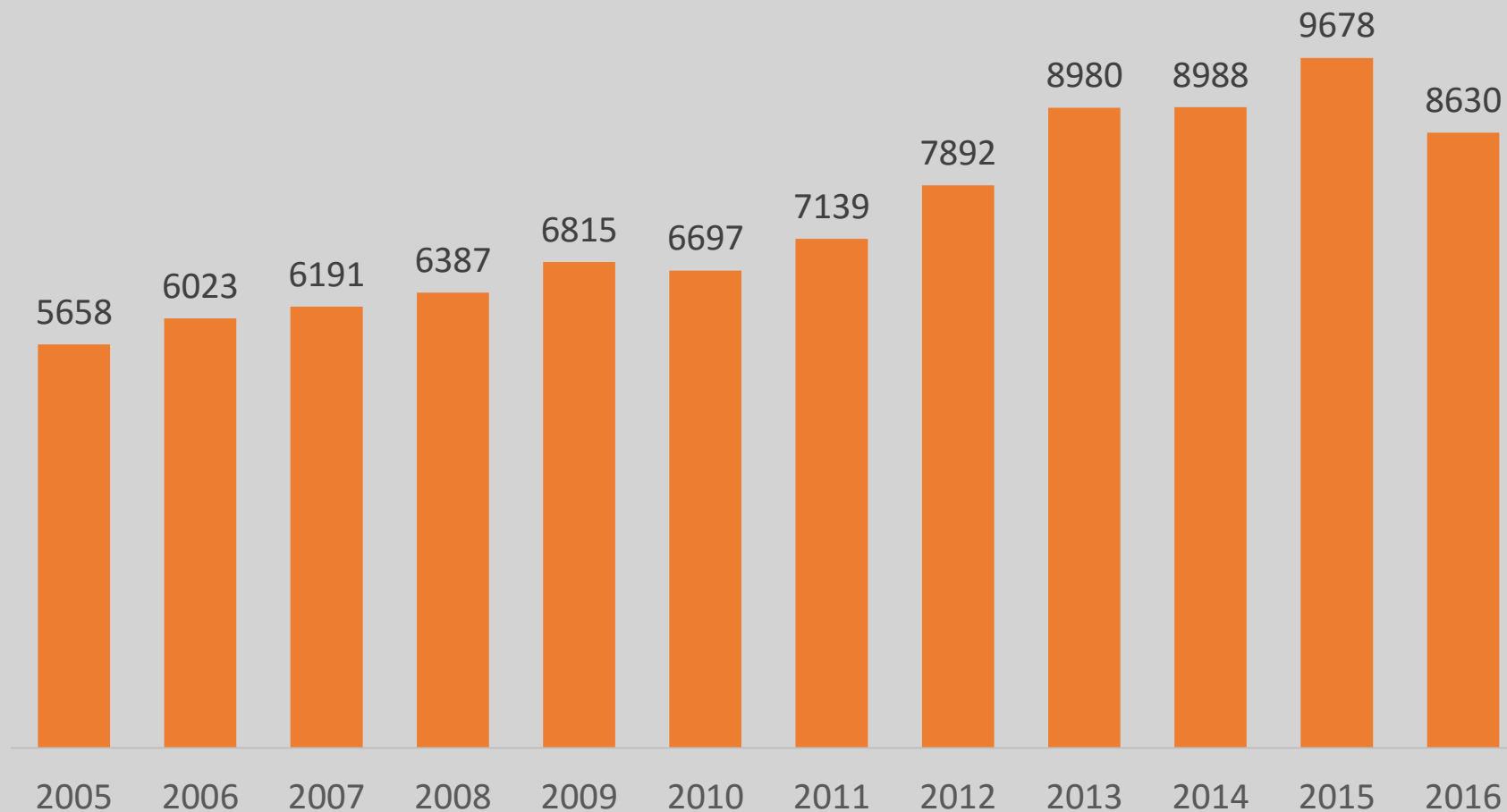
- 2012: Daniel assume a gerência da FIT e entra no doutorado na USP
- **2012: Mudança para Fine Instrument Technology.**
- 2012: Conclusão dos projetos FINEP e CNPq
 - SpecFIT Ultra e Bobinas de MRI (protótipo)
- 2013: Parceria EMBRAPA Instrumentação
 - Aplicações para alimentos in natura e industrializados
- 2013: Foco: equipamento de baixo campo

- Dr. Luiz Alberto Colnago:
 - Qualidade de frutas;
 - Qualidade de carne;
 - Adulteração de azeite;
 - Adulteração de molhos;
 - Combustíveis;
 - Reação de transesterificação;
 - etc



Tendência: Artigos Publicados

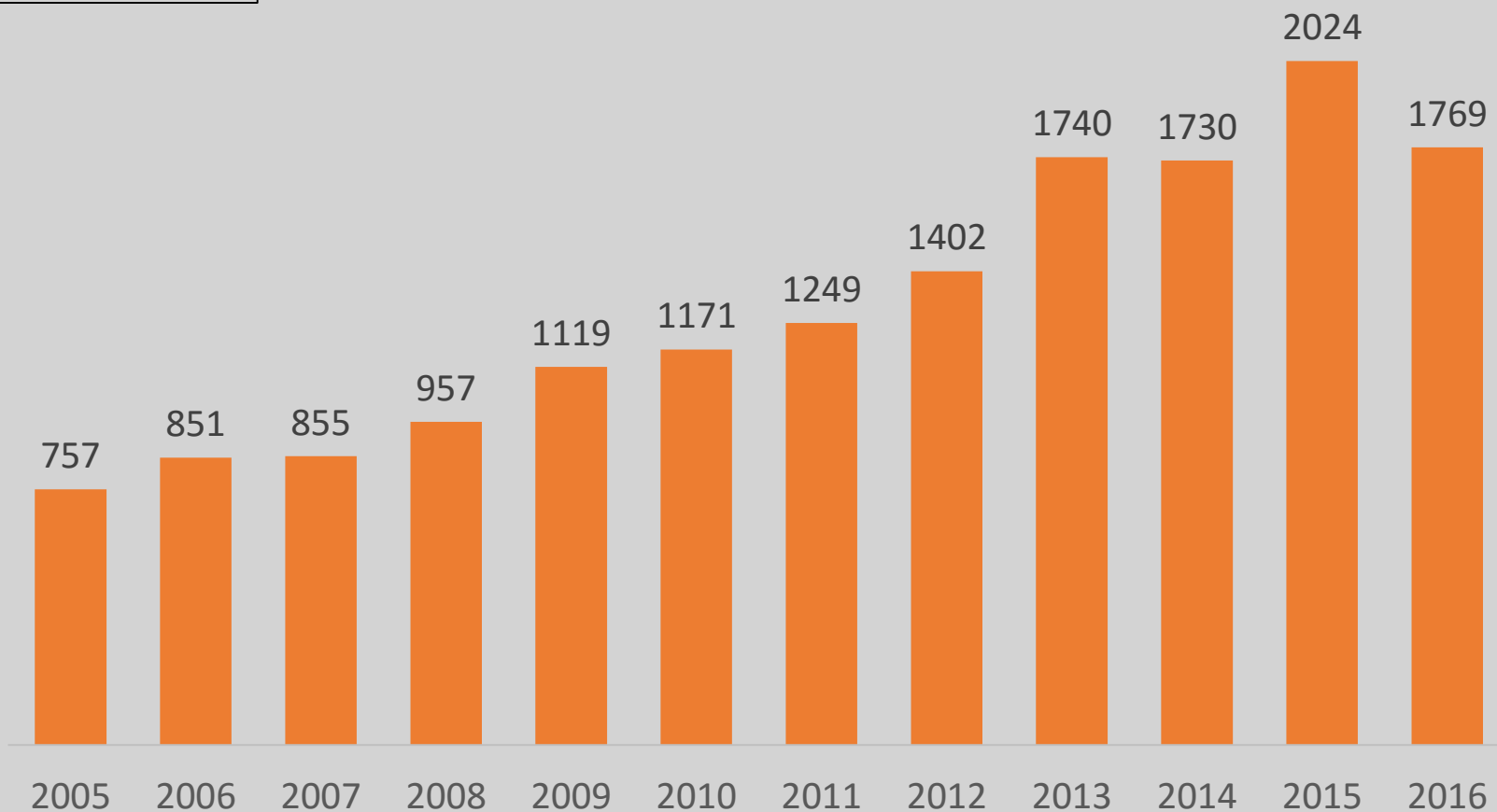
Palavras-chave: low field NMR



Base de dados: elsevier

Tendência: Artigos Publicados

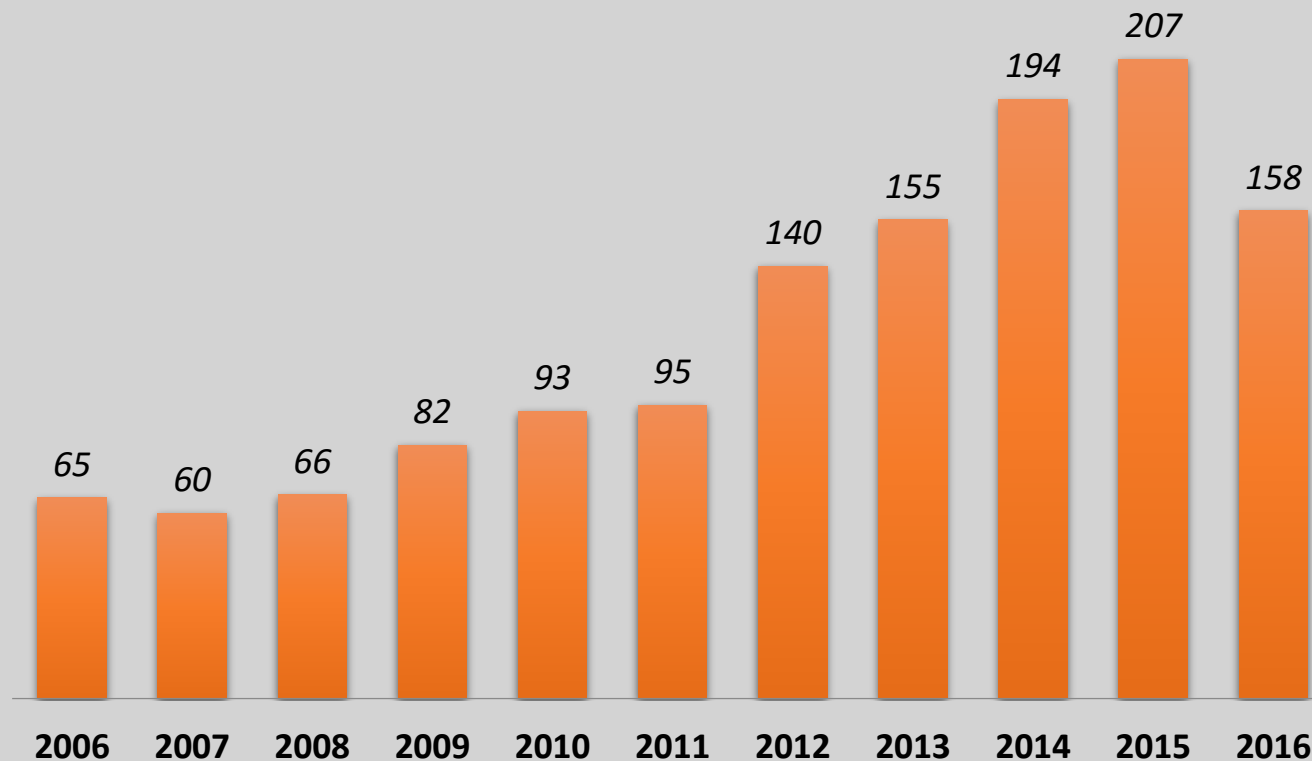
Palavras-chave: TD-NMR



Base de dados: elsevier

Tendência: Artigos Publicados

Palavras-chave: TD-NMR, Food Analysis



Base de dados: elsevier

Tendência: Artigos Publicados

Palavras-chave: TD-NMR, Industry



Base de dados: elsevier



- lubrificante residual em fibras



- teor de flúor em cremes dentais

- 2014: Projeto PIPE/FAPESP aprovado
- 2014: Lançamento SpecFIT Ultra (venda EMBRAPA)
- 2015: Lançamento SpecFIT 1.0 (venda para COPPE/UFRJ)
- 2015: SIBRATEC/EMOH aprovado (CIERMag/IFSC/USP)



Linha do tempo

- 2014: Projeto PIPE/FAPESP aprovado
- 2014: Lançamento SpecFIT Ultra (venda EMBRAPA)
- 2015: Lançamento SpecFIT 1.0 (venda para COPPE/UFRJ)
- 2015: SIBRATEC/EMOH aprovado (CIERMag/IFSC/USP)



- 2014: Projeto PIPE/FAPESP aprovado
- 2014: Lançamento SpecFIT Ultra (venda EMBRAPA)
- 2015: Lançamento SpecFIT 1.0 (venda para COPPE/UFRJ)
- 2015: SIBRATEC/EMOH aprovado (CIERMag/IFSC/USP)



- 2014: Projeto PIPE/FAPESP aprovado
- 2014: Lançamento SpecFIT Ultra (venda EMBRAPA)
- 2015: Lançamento SpecFIT 1.0 (venda para COPPE/UFRJ)
- 2015: SIBRATEC/EMOH aprovado (CIERMag/IFSC/USP)



- 2015: INOVACRED (FINEP/Desenvolve SP) aprovado
- 2016: Lançamento SpecFIT e SpecFIT Oil

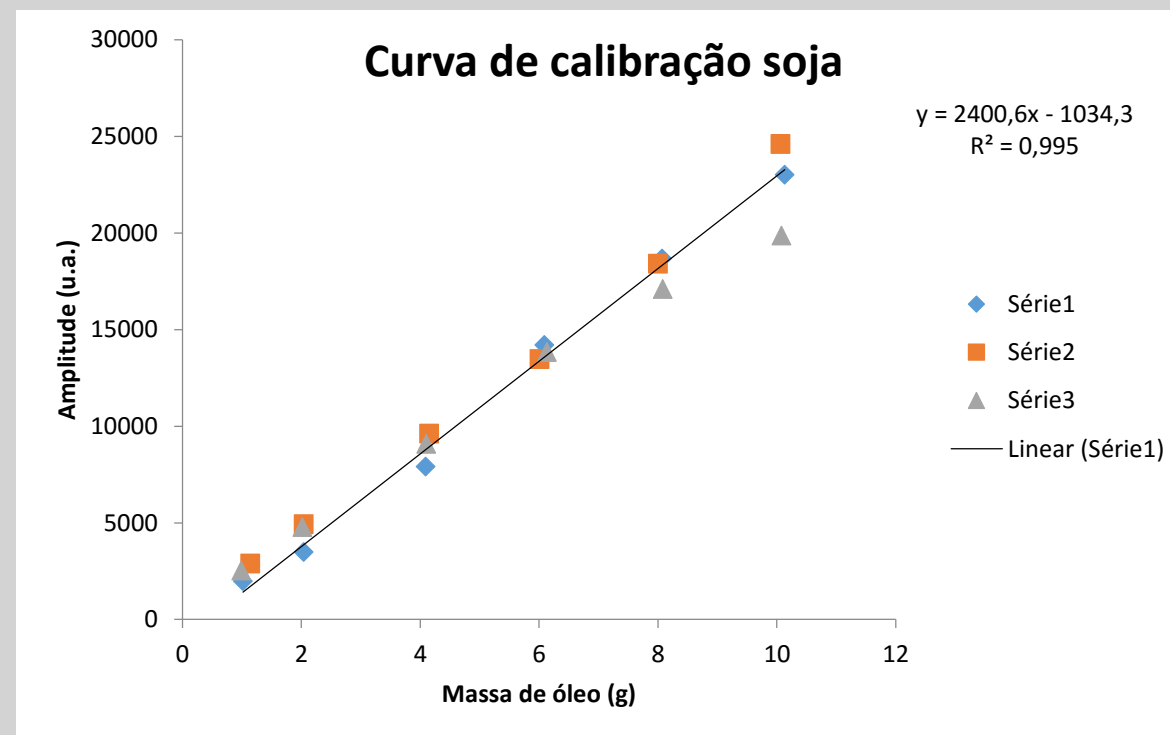
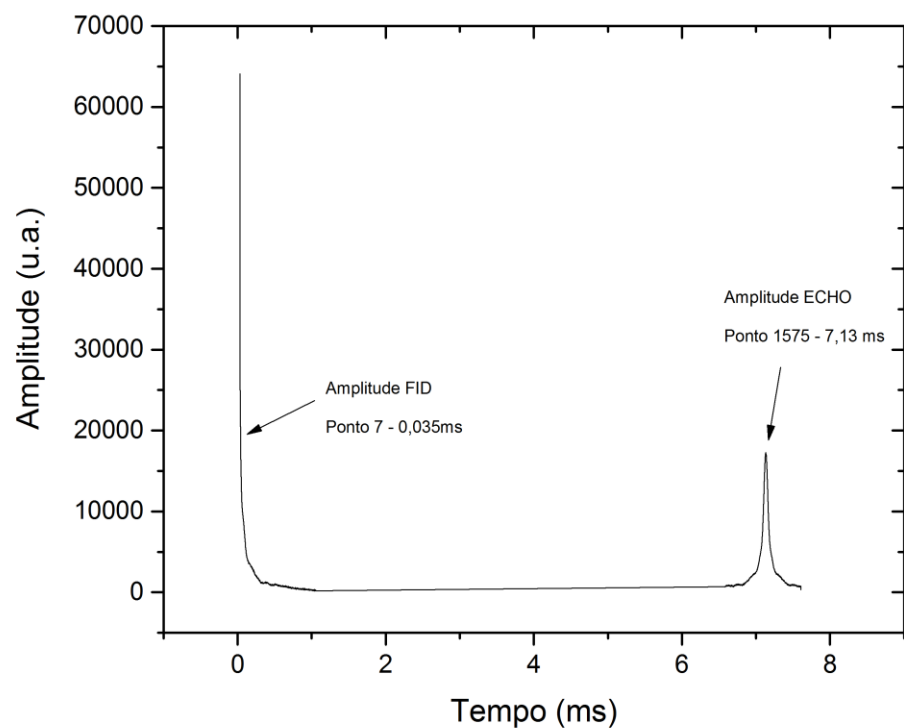


- 2015: INOVACRED (FINEP/Desenvolve SP) aprovado
- 2016: Lançamento SpecFIT e SpecFIT Oil

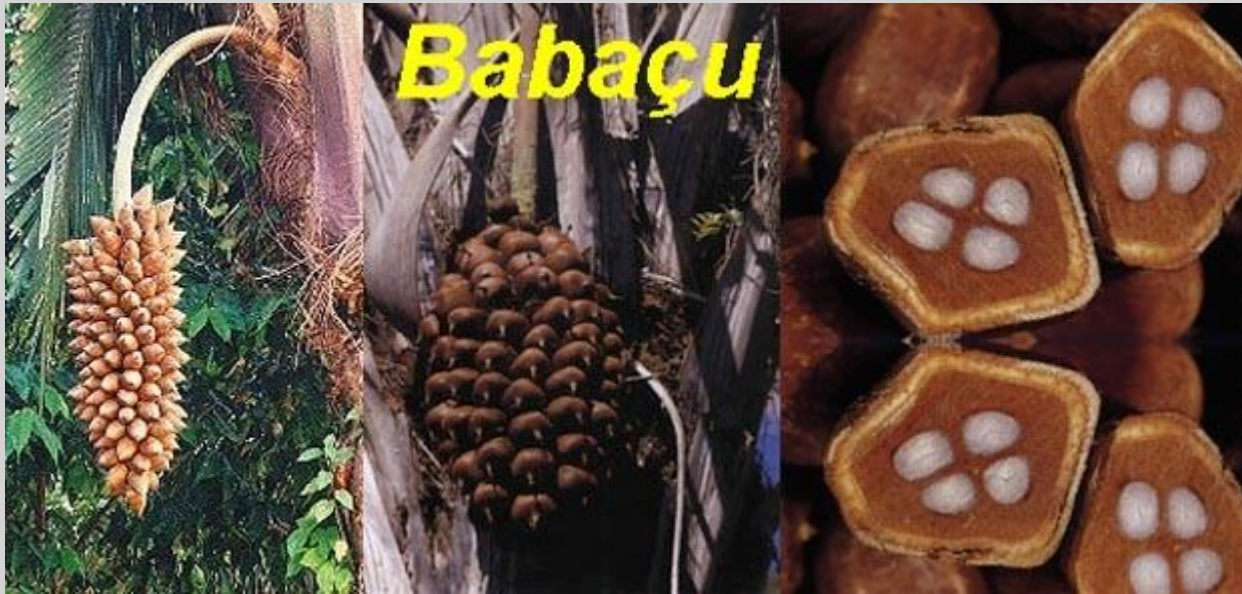




E se a umidade for acima de 10%???



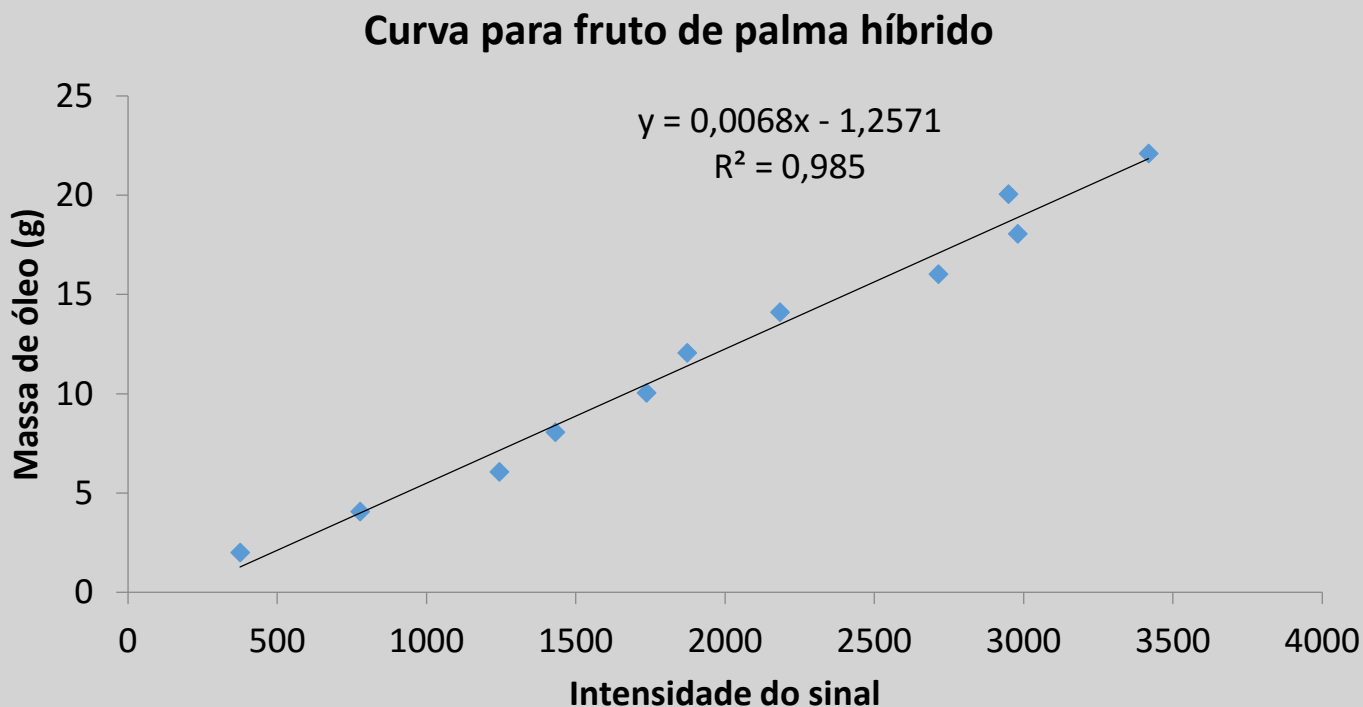
Oleaginosas úmidas



E os resíduos da extração de óleo??

RMN para teor de óleo

- A intensidade do sinal de RMN é proporcional à quantidade de hidrogênio que contém na amostra.
- O Sinal de água é diferente do sinal de óleo.
- Se suprimir o sinal de água, a intensidade do sinal de RMN é proporcional à quantidade do sinal de óleo da amostra.



Extração de óleo de palma

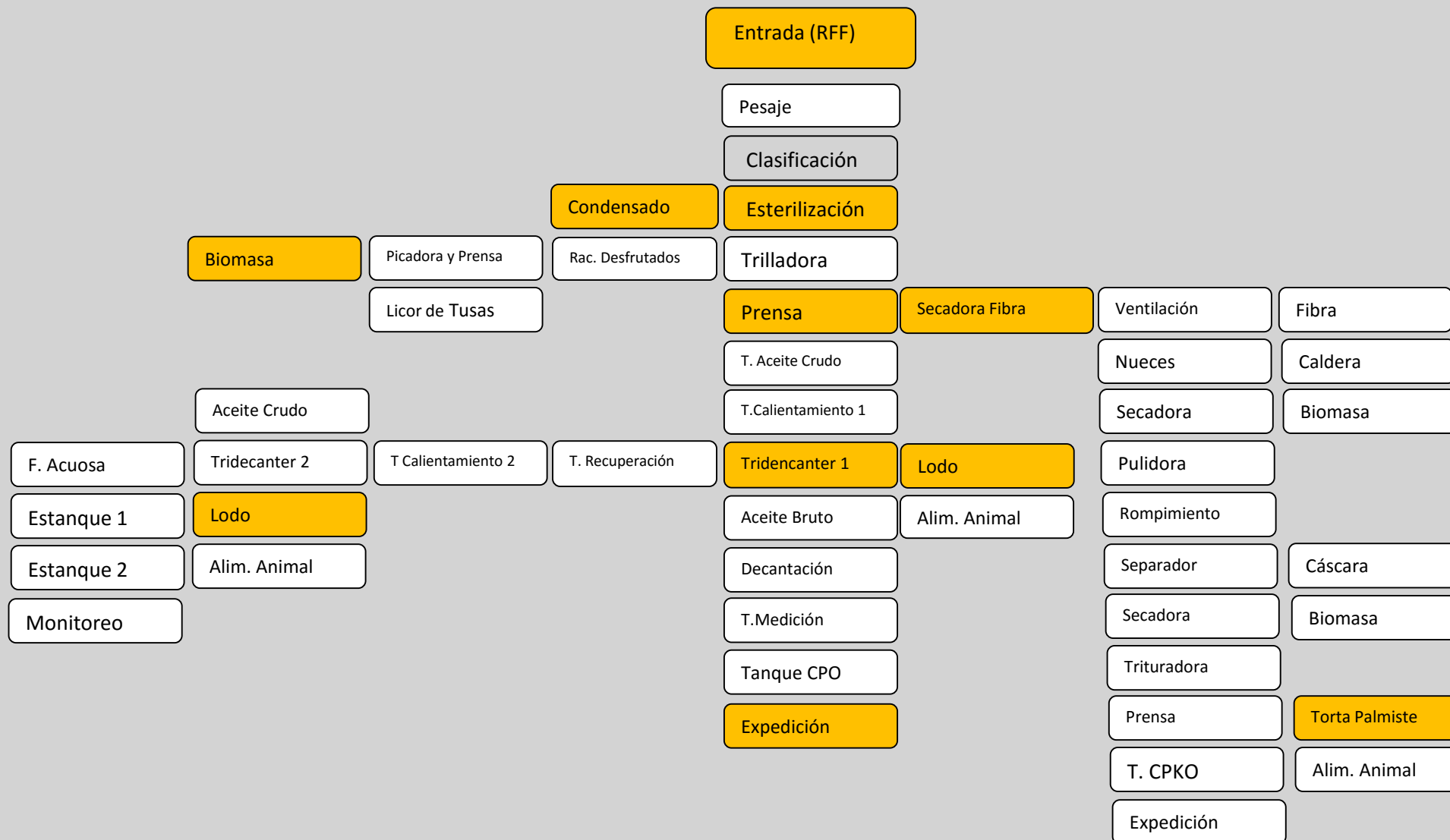
SpecFIT Oil	Soxhlet
Medidas realizadas em minutos.	Medidas realizadas em 40 horas.
Operador não precisa dominar nenhum conhecimento da técnica.	Requer analista de laboratório treinado.
Sem preparo de amostra.	As amostras precisam estar devidamente secas.
Não utiliza solventes.	Utiliza Solventes inflamáveis e tóxicos.
Não gera nenhum tipo de resíduo.	Gera resíduos.
Alta repetibilidade.	Baixa repetibilidade.
Não afeta a amostra.	Completamente destrutivo.



Teor de óleo via RMN

- **Medida de teor de óleo de palma no fruto intacto:** *é possível medir o teor de frutos de palma apenas colocando o fruto no equipamento e apertando o botão de análise. Em 30 segundos o resultado aparece na tela. Devido à sua velocidade é possível precificar a carga através desta medida e estimar a produção de óleo desta.*
- **Medida de teor de óleo de palmiste na castanha:** *basta apenas tirar a castanha de dentro do fruto, inserir no porta amostra e apertar o botão de análise.*
- **Medida de substratos da extração:** *é possível medir o teor de óleo de palma residual da fibra, borra, água de tridecanto, água de efluente e até mesmo do cacho; além de medir o teor de óleo de palmiste residual da torta de palmiste. Com isto, é possível identificar a necessidade de regulação e/ou melhorias na extração já durante a extração e direcionamento para melhor aproveitamento da fibra.*

Atuação do equipamento na usina



Ganhos de uma usina de palma

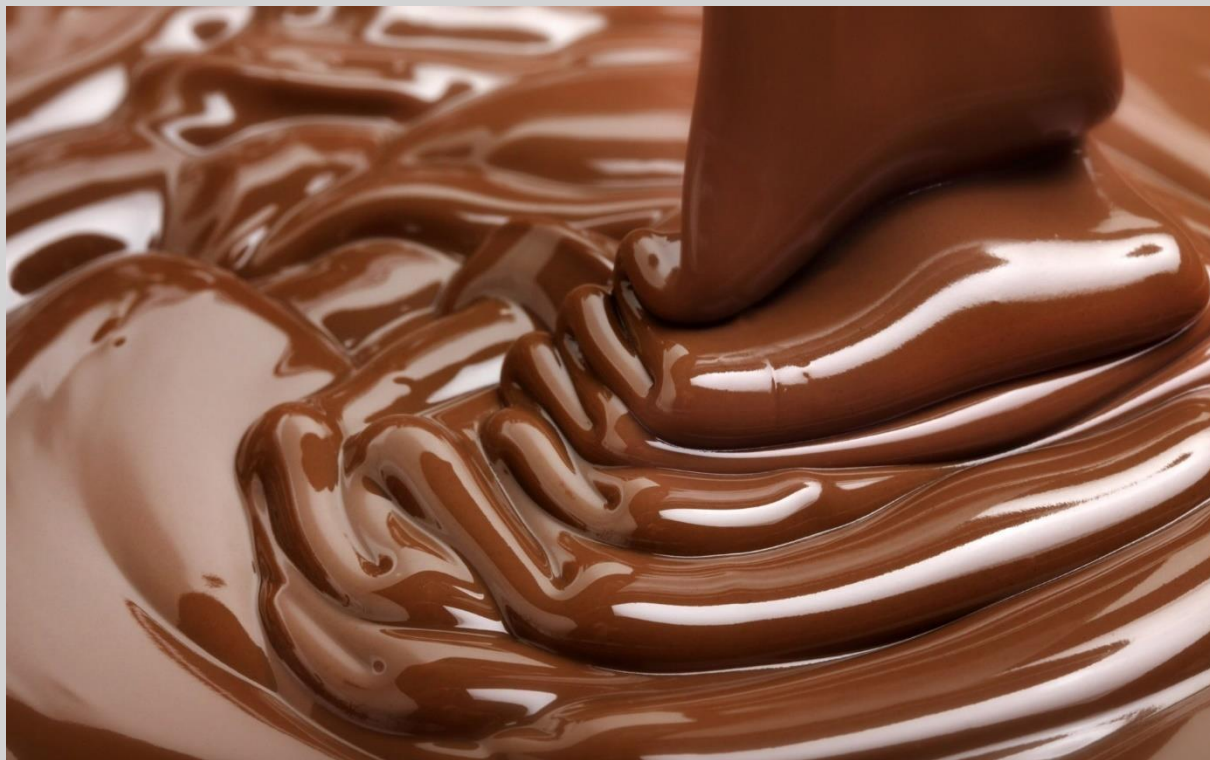
EFICIÊNCIA DA USINA H.	90.74	EFICIÊNCIA DA USINA T.	88.72
-----------------------------------	--------------	-----------------------------------	--------------



Belém – PA Abril/2016

Aumento da Eficiência	
Híbrido	Tenera
1.78	4.05

EFICIÊNCIA DA USINA H.	92.52	EFICIÊNCIA DA USINA T.	92.77
-----------------------------------	--------------	-----------------------------------	--------------

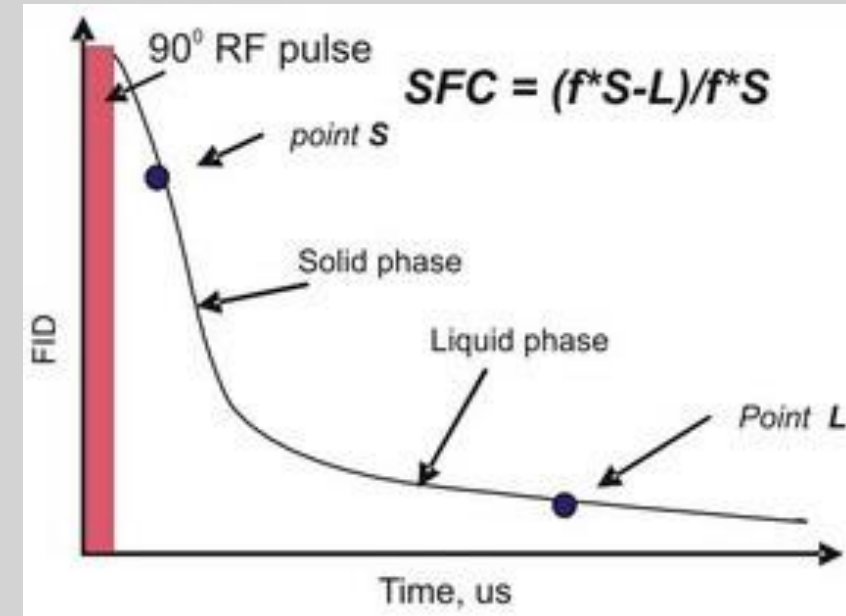
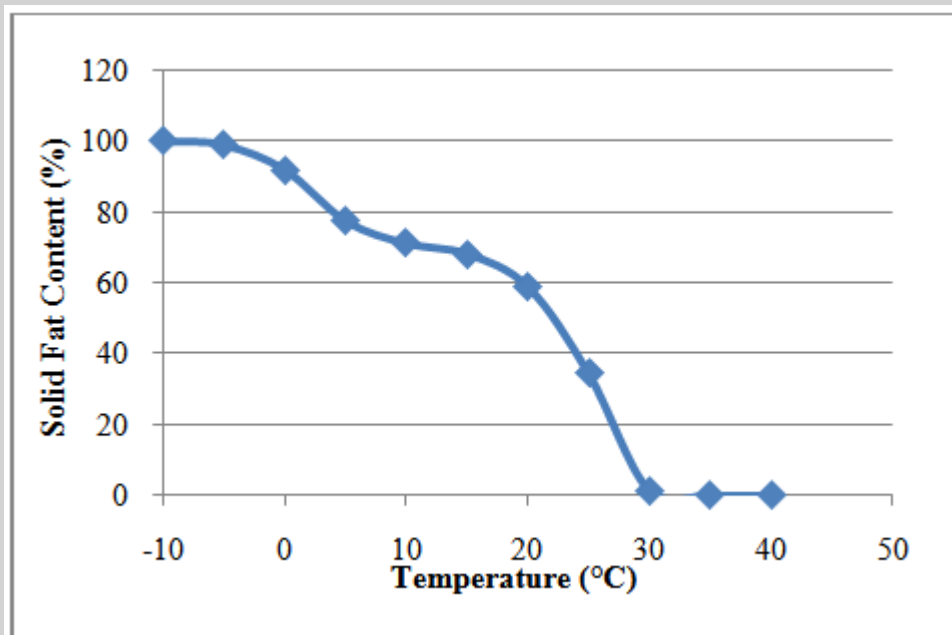


- NORMATIVAS para medição de SFC usando RMN:
 - **AOCS Cd 16b-93**
 - **ISO 8292-1**
 - **IUPAC 2.150**



RMN para SFC

- O sinal de ressonância magnética de líquidos é diferente do sinal de sólidos, como visto na figura ao lado.
- A partir dos pontos S e L, o software calcula a proporção entre sólidos e líquidos utilizando o fator f, adquirido a partir da calibração e assim se obtém o SFC da amostra.



- Este valor varia com a temperatura, por isso é utilizado um banho que varia a temperatura da amostra.
- Ao se medir o SFC de diferentes temperaturas, é obtido a curva da amostra como a figura ao lado.

SpecFIT Citrus: equipamento dedicado para a indústria de citrus



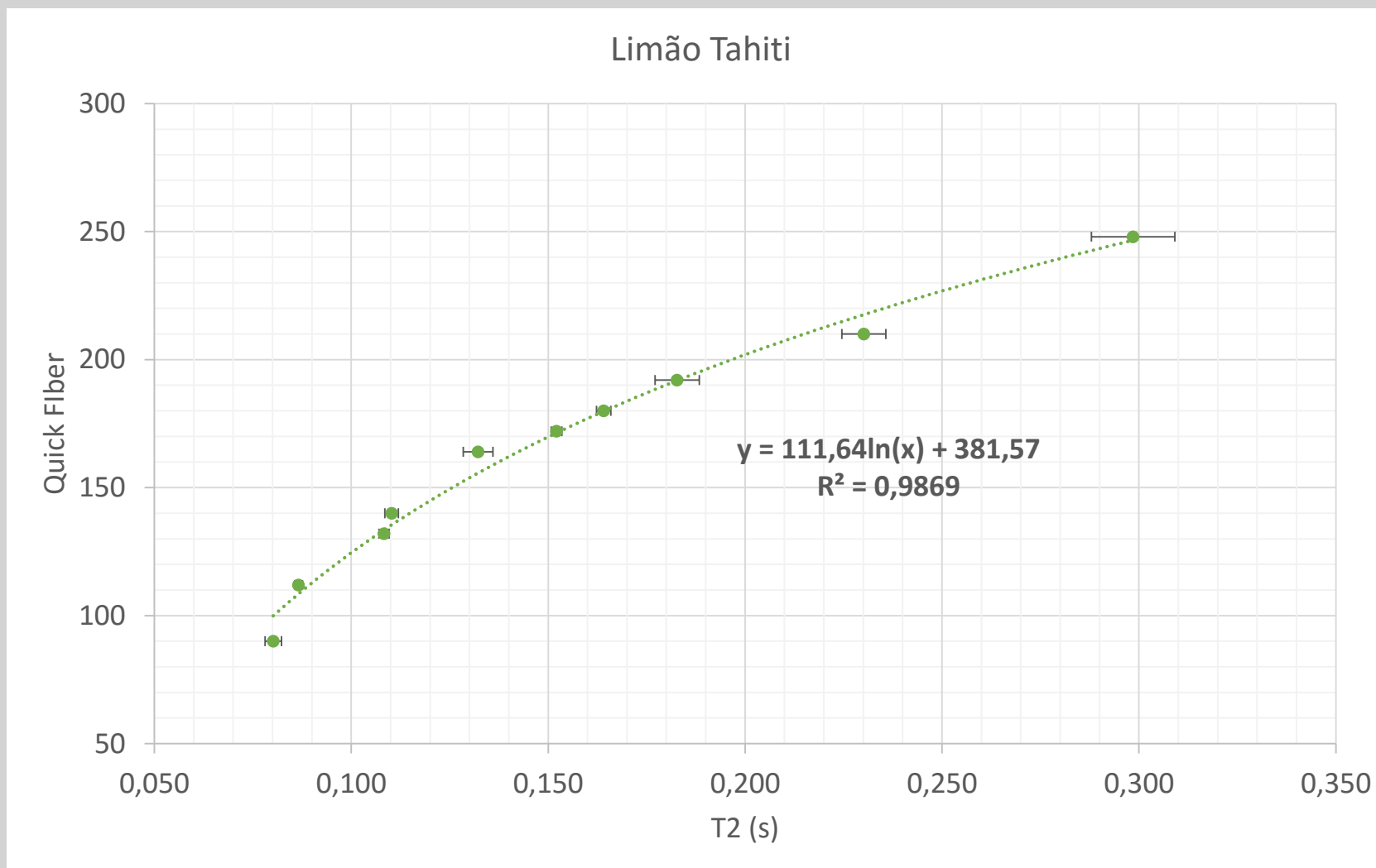
A cada 5 copos de suco produzidos no mundo, 3 são produzidos no Brasil.

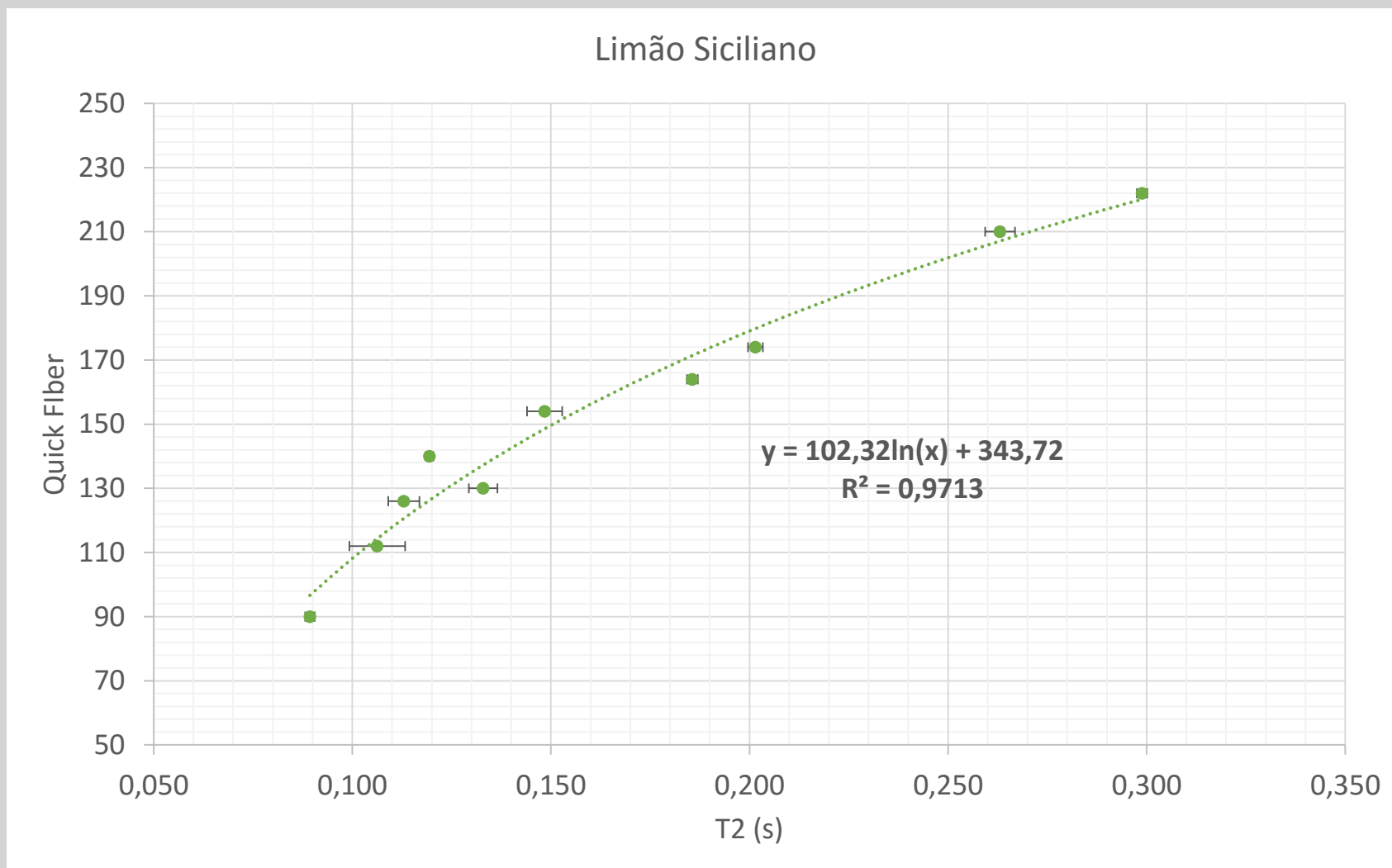
Quick Fiber Shaker

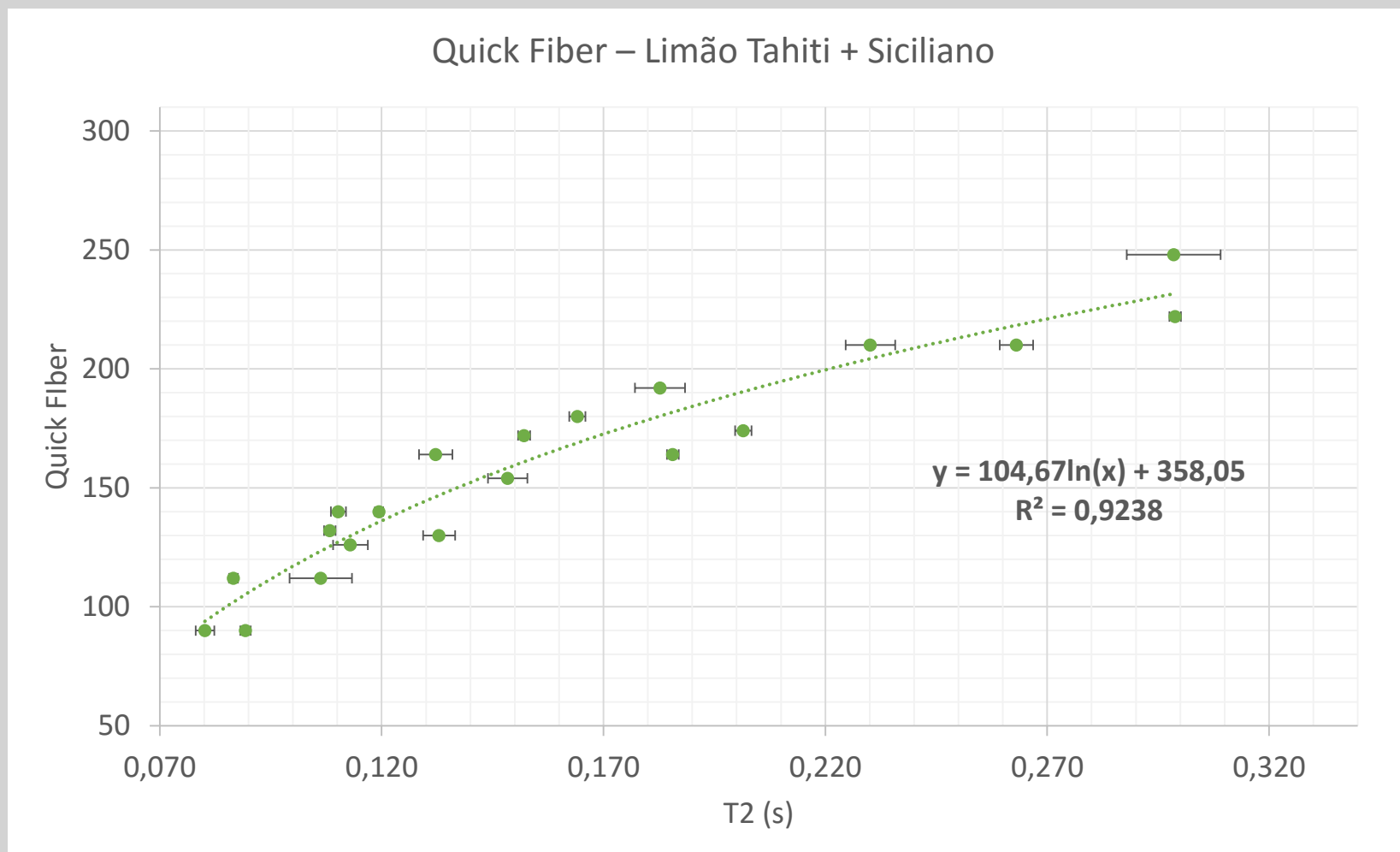


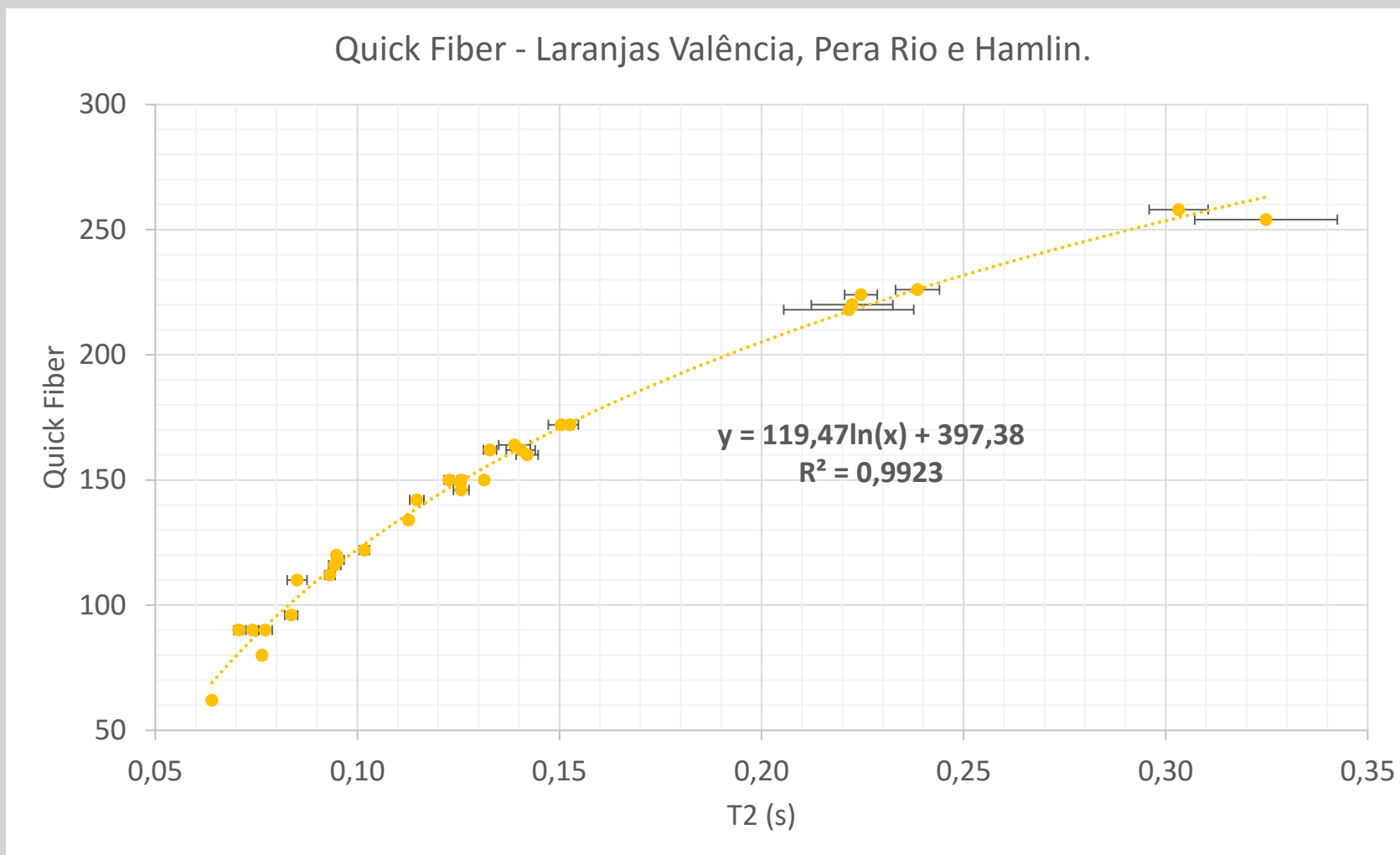
Citrus Flinisher

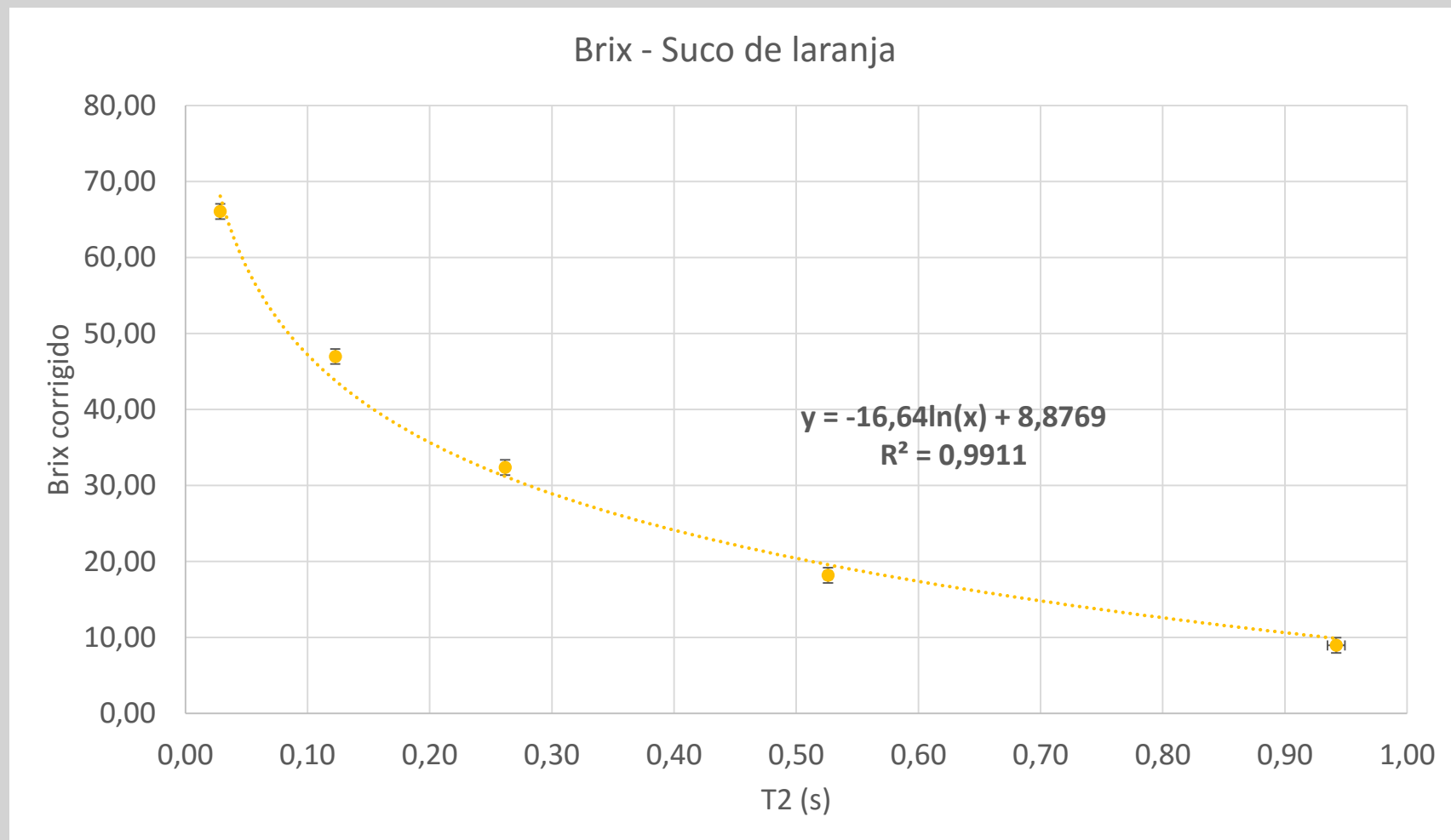


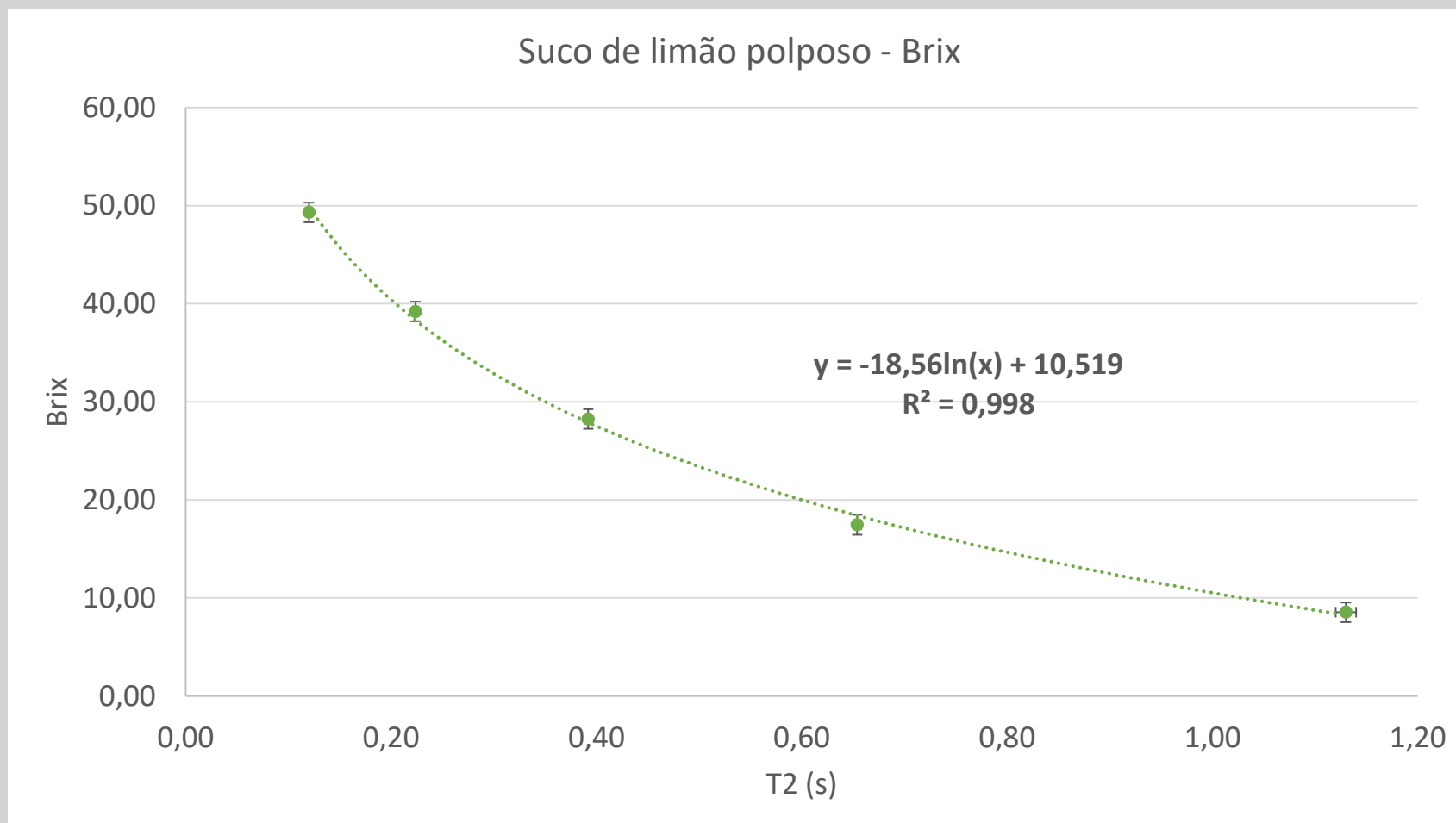


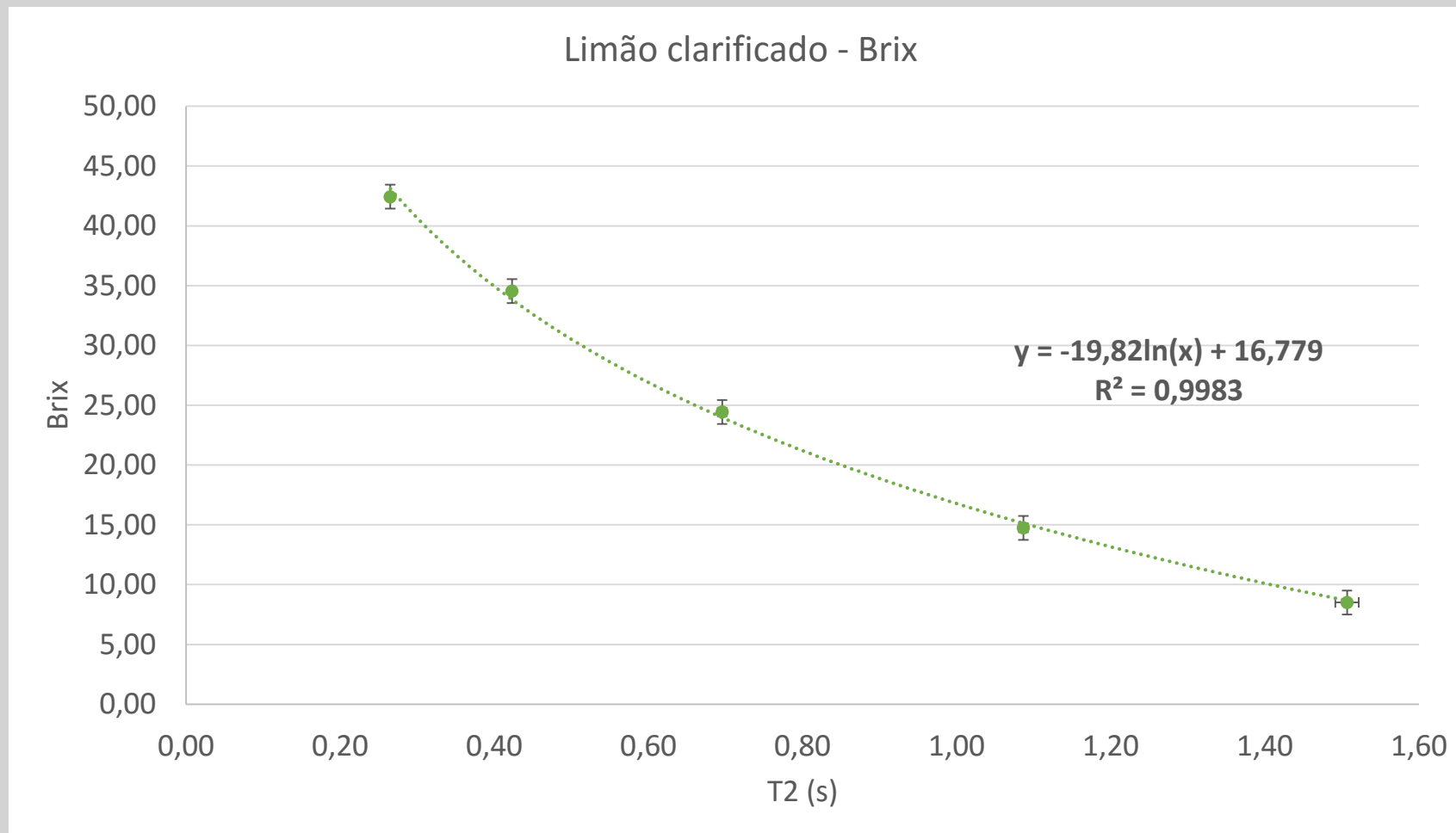












- 2016: Parceria com JBT (Citrus)
- 2016: Novo PIPE/FAPESP aprovado (EMBRAPA)
- 2016: Parceria ABOISSA
- 2016: Parceria Embrapa Agroindústria
- 2016: Parceria Embrapa Solos
- 2016: Parceria CBPF (espectroscopia)
- 2016: Parceria com Victoria University (Nova Zelândia)



- 2016: Parceria com JBT (Citrus)
- 2016: Novo PIPE/FAPESP aprovado (EMBRAPA)
- 2016: Parceria ABOISSA
- 2016: Parceria Embrapa Agroindústria
- 2016: Parceria Embrapa Solos
- 2016: Parceria CBPF (espectroscopia)
- 2016: Parceria com Victoria University (Nova Zelândia)



- 2016: Parceria com JBT (Citrus)
- 2016: Novo PIPE/FAPESP aprovado (EMBRAPA)
- 2016: Parceria ABOISSA
- 2016: Parceria Embrapa Agroindústria
- 2016: Parceria Embrapa Solos
- 2016: Parceria CBPF (espectroscopia)
- 2016: Parceria com Victoria University (Nova Zelândia)



- 2016: Parceria com JBT (Citrus)
- 2016: Novo PIPE/FAPESP aprovado (EMBRAPA)
- 2016: Parceria ABOISSA
- 2016: Parceria Embrapa Agroindústria
- 2016: Parceria Embrapa Solos
- 2016: Parceria CBPF (espectroscopia)
- 2016: Parceria com Victoria University (Nova Zelândia)

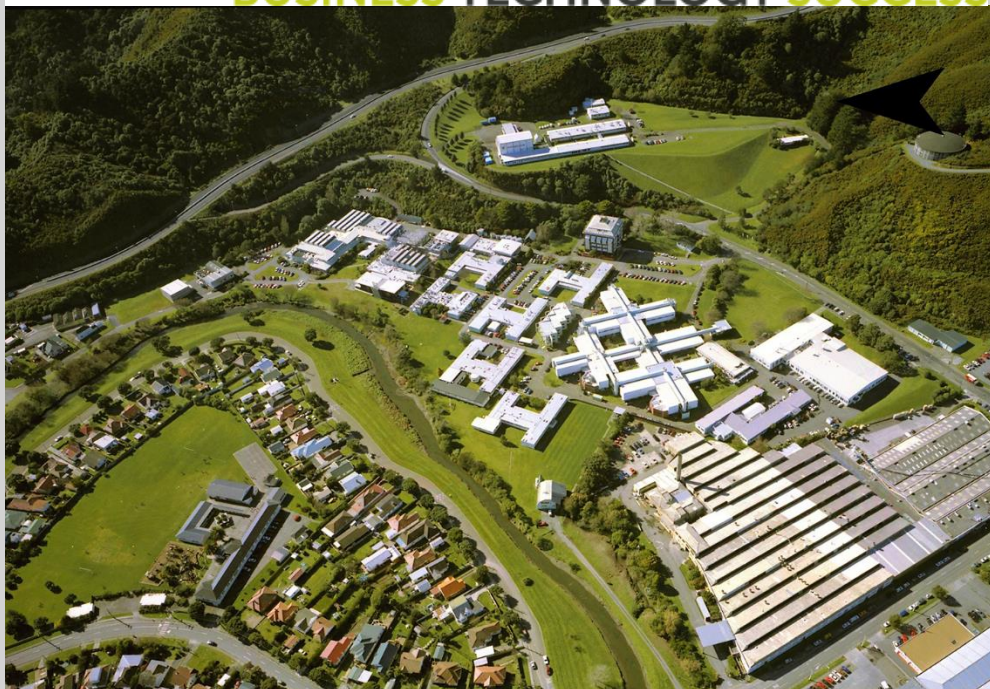


- 2016: Parceria com JBT (Citrus)
- 2016: Novo PIPE/FAPESP aprovado (EMBRAPA)
- 2016: Parceria ABOISSA
- 2016: Parceria Embrapa Agroindústria
- 2016: Parceria Embrapa Solos
- 2016: Parceria CBPF (espectroscopia)
- 2016: Parceria com Victoria University (Nova Zelândia)



CallaghanInnovation

BUSINESS TECHNOLOGY SUCCESS



Callaghan Innovation é o centro de inovação da Victória Universidade de Wellington

- Localizada em Wellington, Nova Zelândia.
- Possuem grande expertise em magnetismo, supercondutores e RMN;
- Possuem política de incentivo ao empreendedorismo, onde o próprio pesquisador e a universidade podem ser sócios de empresas a partir da VicLink, sua agência de inovação.

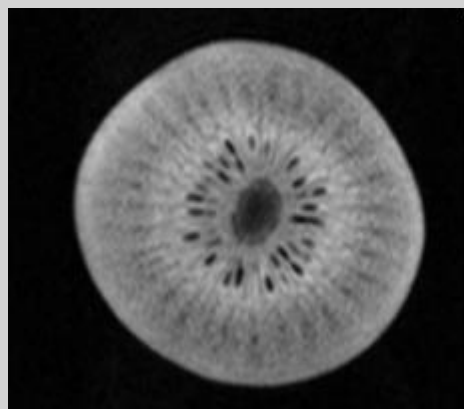
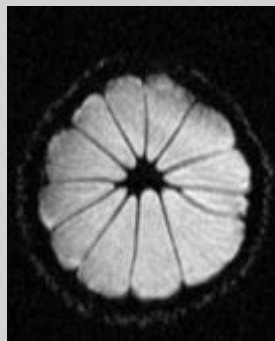
VICTORIA

UNIVERSITY OF WELLINGTON

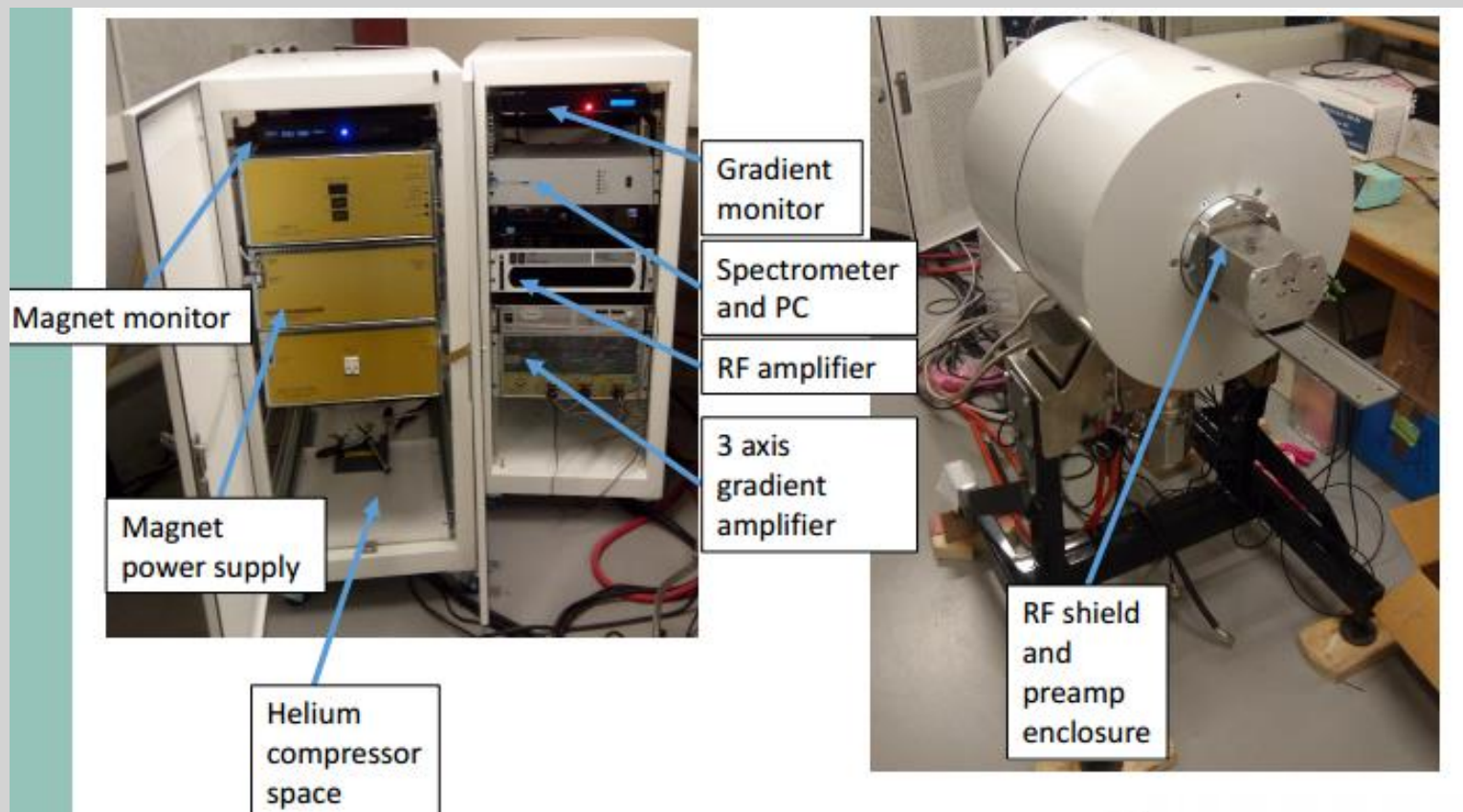
TE WHARE WĀNANGA

O TE ŪPOKO O TE IKA A MĀUI

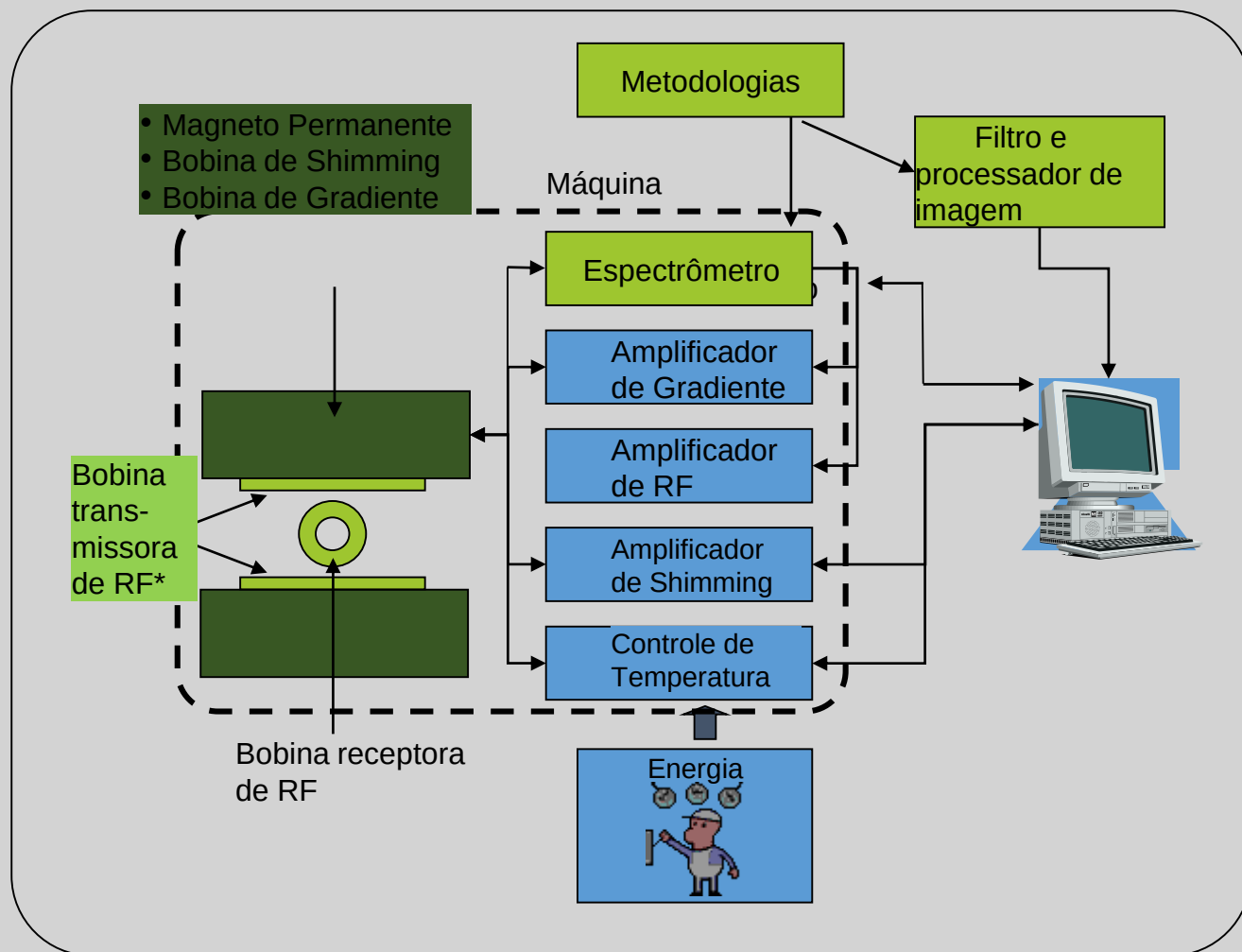




Kiwi fruit
80 x 80 FOV
TR = 3000 ms
TE = 75 ms
2 mm slice



Equipamento já funcional com console MR Solution (não pode ser utilizado comercialmente). Solução: Console FIT

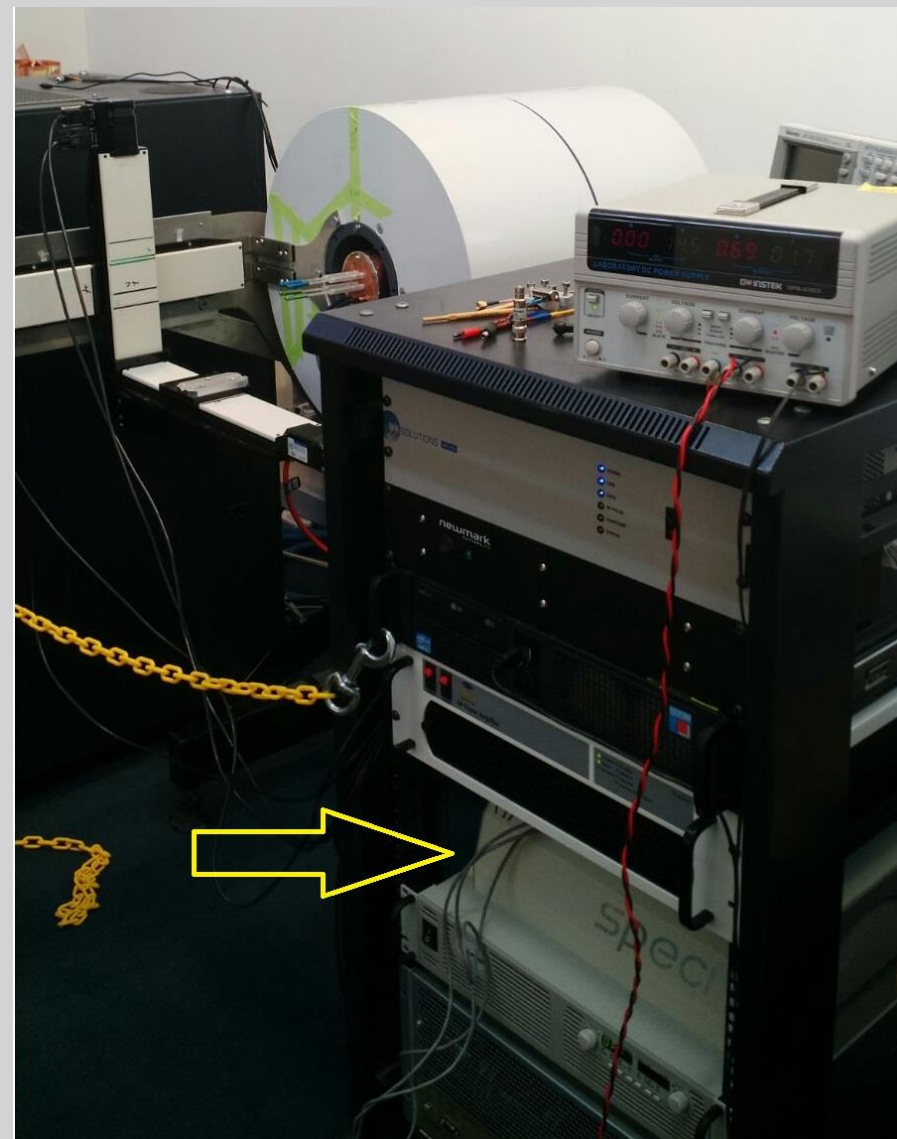
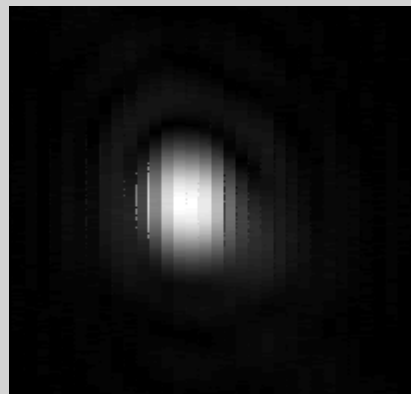


- Projeto FIT
- Projeto Victoria
- Projeto terceiros

Primeiros resultados



- Normalmente demoram semanas para se obter a primeira imagem. Conseguimos em apenas 2 dias uma imagem de uma bola de ping-pong.
- Ajustes para calibração final exigem meses, por isso a máquina será enviada para a FIT.



Comparativo (resumo)

	Usual	FIT/VUW
Hélio líquido	Recarga anual R\$10.000,00	Não utiliza
Blindagem	Precisa de sala blindada	Auto-blindado
Site planning	Complexo	Simples
Custo de instalação	R\$400.000,00	R\$100.000,00
Custa de aquisição	R\$3.000.000,00	R\$3.000.000,00*
Consumo energético	5kWh	10kWh

*Estimativa de cair para R\$1,5 milhões com fabricação nacional também do magneto.

- Existem muitas formas de apoio à pesquisa e inovação:
 - FINEP;
 - CNPq / RHAE;
 - FAPESP / PIPE;
 - Inovacred;
 - Sibratec.
- Inovação é quando vende. Ou seja, TEM QUE TER MERCADO!
- Parcerias estratégicas:
 - Universidades, Centros de pesquisa, Incubadoras, empresas privadas.
- "Costumo voltar atrás, sim. Não tenho compromisso com o erro."
— Juscelino Kubitschek
- A equipe é o maior bem da empresa!

Obrigado!

www.fitinstrument.com
daniel.consalter@fitinstrument.com

