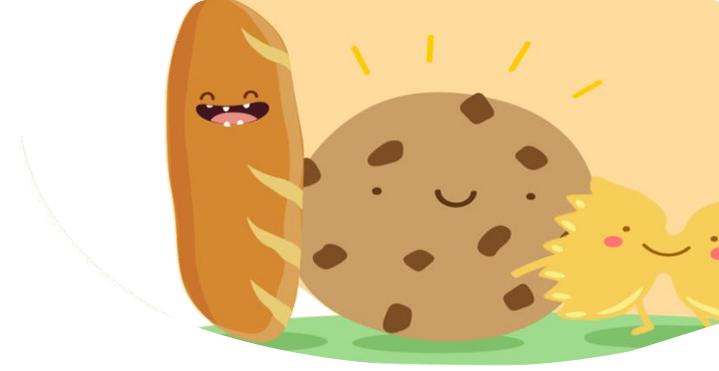


Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”



Carboidratos

Karoline Costa Dos Santos
Msc em Ciência e Tecnologia de Alimentos
ESALQ/USP

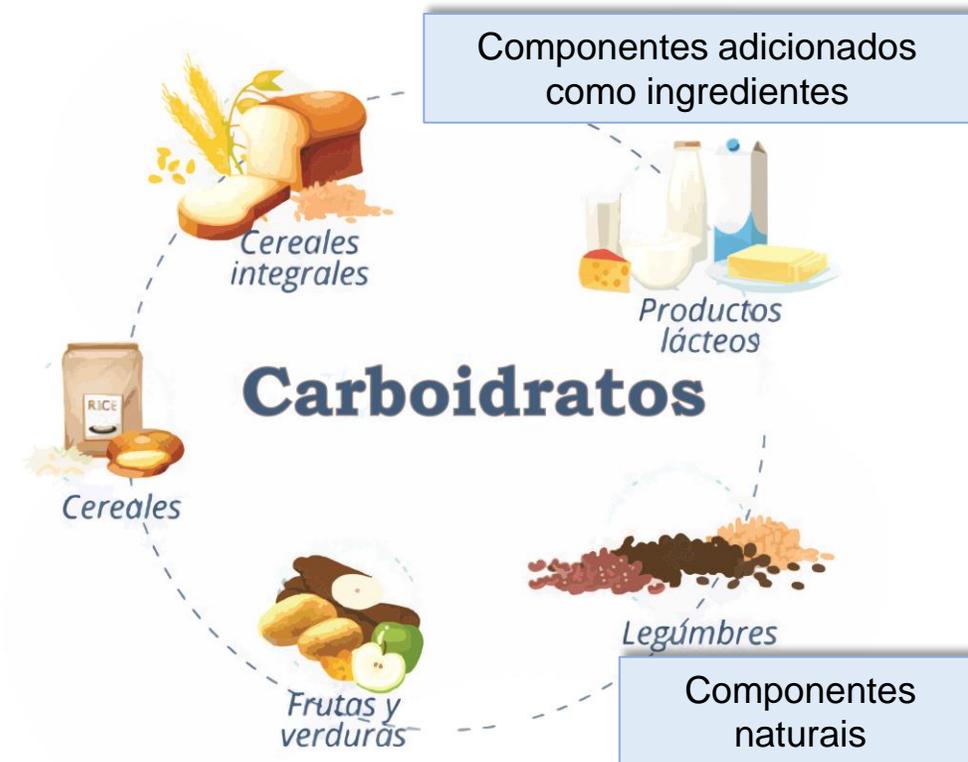
Funções

Os carboidratos desempenham um papel fundamental nas funcionalidades dos alimentos por várias razões:

1. **Fornecimento de Energia:** Os carboidratos são a principal fonte de energia nos alimentos. Eles são quebrados durante a digestão em glicose, que é utilizada pelo corpo como combustível para todas as funções metabólicas e atividades diárias.
2. **Textura e Sabor:** Os carboidratos, como amidos e açúcares, contribuem para a textura, consistência e sabor dos alimentos. Eles podem conferir maciez, cremosidade, crocância e doçura, tornando os alimentos mais agradáveis ao paladar.
3. **Preservação e Estabilidade:** Alguns carboidratos, como os polissacarídeos encontrados em frutas e vegetais, atuam como agentes de gelificação, espessamento e estabilização em alimentos processados. Eles ajudam a manter a estrutura e a qualidade dos alimentos durante o armazenamento e processamento.



Componente frequente em diversos tipos de alimentos.



3. **Retenção de Umidade:** Carboidratos como a glicerina e os polióis têm a capacidade de reter água, o que pode ajudar a manter a umidade e a suculência dos alimentos, prolongando sua vida útil.
4. **Substitutos de Gordura e Açúcar:** Alguns carboidratos, como fibras solúveis e polióis, podem ser usados como substitutos de gordura e açúcar em alimentos processados. Eles podem ajudar a reduzir o teor de gordura e calorias, enquanto ainda fornecem textura e sabor desejáveis.
5. **Fermentação e Levedura:** Carboidratos fermentáveis, como os encontrados em grãos e frutas, são essenciais para a fermentação de pães, cervejas, vinhos e outros alimentos fermentados. Eles fornecem substratos para a ação de leveduras e bactérias benéficas, resultando em produtos finais com características sensoriais únicas.

Classificação dos carboidratos

- Quanto a natureza química

Número de átomos de carbono	Tipo de grupo carbonila	
	Aldéido	Cetona
3	Triose	Triulose
4	Tetrose	Tetulose
5	Pentose	Pentulose
6	Hexose	Hexulose
7	Heptose	Heptulose
8	Octose	Octulose
9	Nonose	Nonulose

Aldéido

Molécula da D-glicose

Cetona

Molécula da D-frutose

Lactose = D-glicose+D-galactose

Sacarose = D-glicose+D-frutose

Monossacarídeos

Oligossacarídeos são monossacarídeos unidos através da ligação glicosídica, podendo variar **de 2 a até 10 unidades** de monossacarídeos

Lactose = D-glicose+D-galactose

Sacarose = D-glicose+D-frutose

Oligossacarídeos

Polissacarídeos são monossacarídeos unidos através da ligação glicosídica, apresentando milhares de monossacarídeos (**maior que 10 ou 20**). Eles podem ser de origem vegetal (celulose, amido e fibras) e animal (glicogênio).

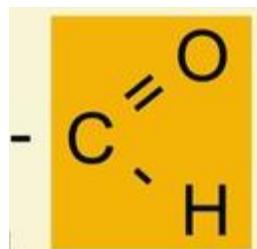
a) Amilose

b) Amilopectina

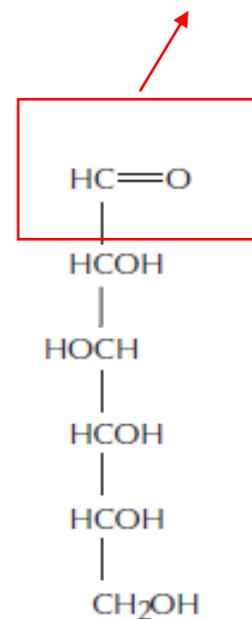
Amido

Polissacarídeos

Número de átomos de carbono	Tipo de grupo carbonila	
	Aldeído	Cetona
3	Triose	Triulose
4	Tetrose	Tetulose
5	Pentose	Pentulose
6	Hexose	Hexulose
7	Heptose	Heptulose
8	Octose	Octulose
9	Nonose	Nonulose

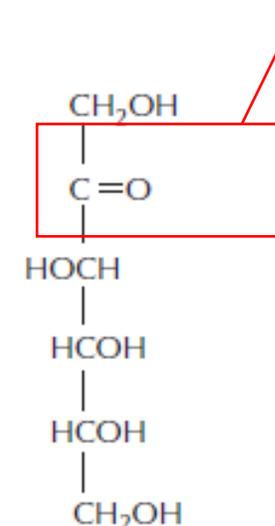


Aldeído



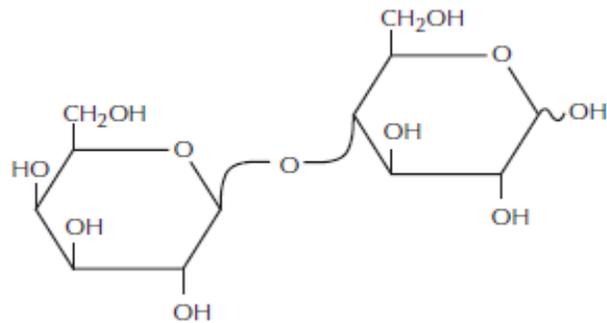
Molécula da D-glicose

Cetona

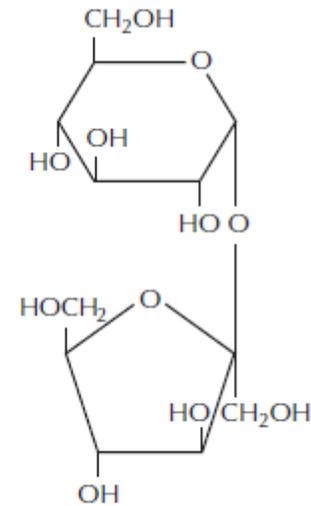


Molécula da D-frutose

Oligossacarídeos são monossacarídeos unidos através da ligação glicosídica, podendo variar **de 2 a até 10 unidades** de monossacarídeos

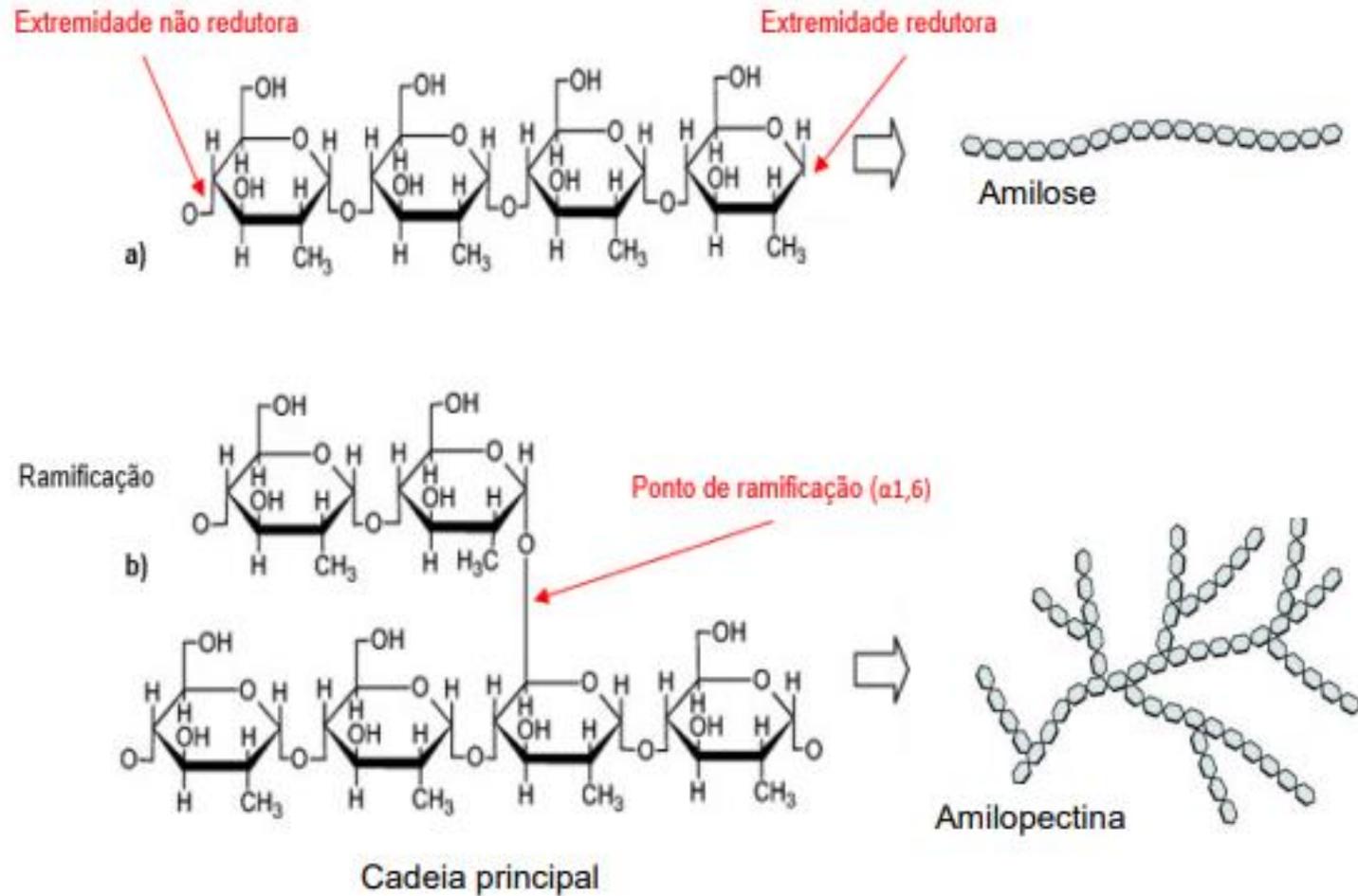


Lactose = D-glicose+D-galactose



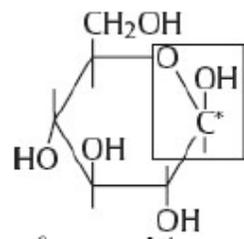
Sacarose = D-glicose+D-frutose

Polissacarídeos são monossacarídeos unidos através da ligação glicosídica, apresentando milhares de monossacarídeos (**maior que 10 ou 20**). Eles podem ser de origem vegetal (celulose, amido e fibras) e animal (glicogênio).



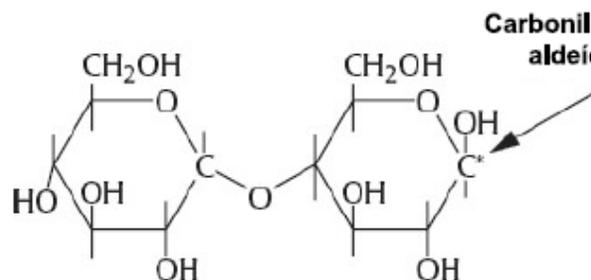
Amido

Açúcar redutor e não redutor

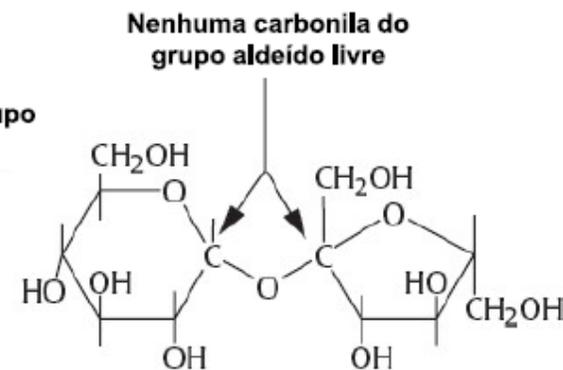


Glicose

Açúcar redutor - apresenta um grupo carbonílico livre em solução básica



Maltose – um dissacarídeo redutor



Sacarose – um dissacarídeo não-redutor

- Os monossacarídeos, glicose e frutose são açúcares redutores por possuírem grupo carbonila livre.

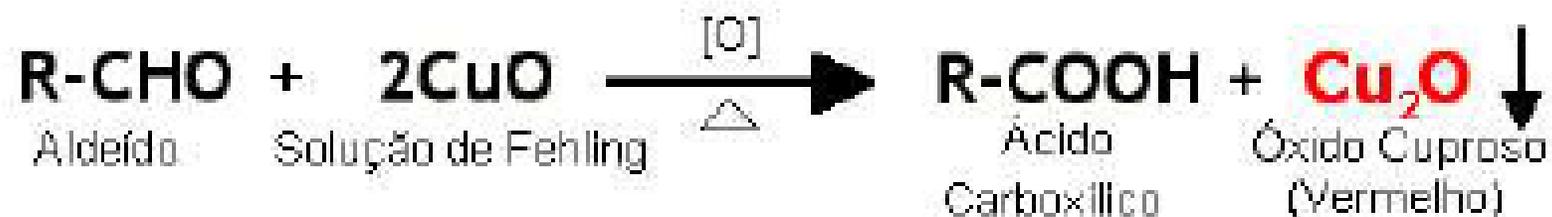
Escurecimento enzimático

Os açúcares redutores desempenham um papel significativo nas reações de escurecimento de alimentos, conhecidas como reações de **Maillard** e **caramelização**.

Determinação de açúcar redutor

- Método de Fehling

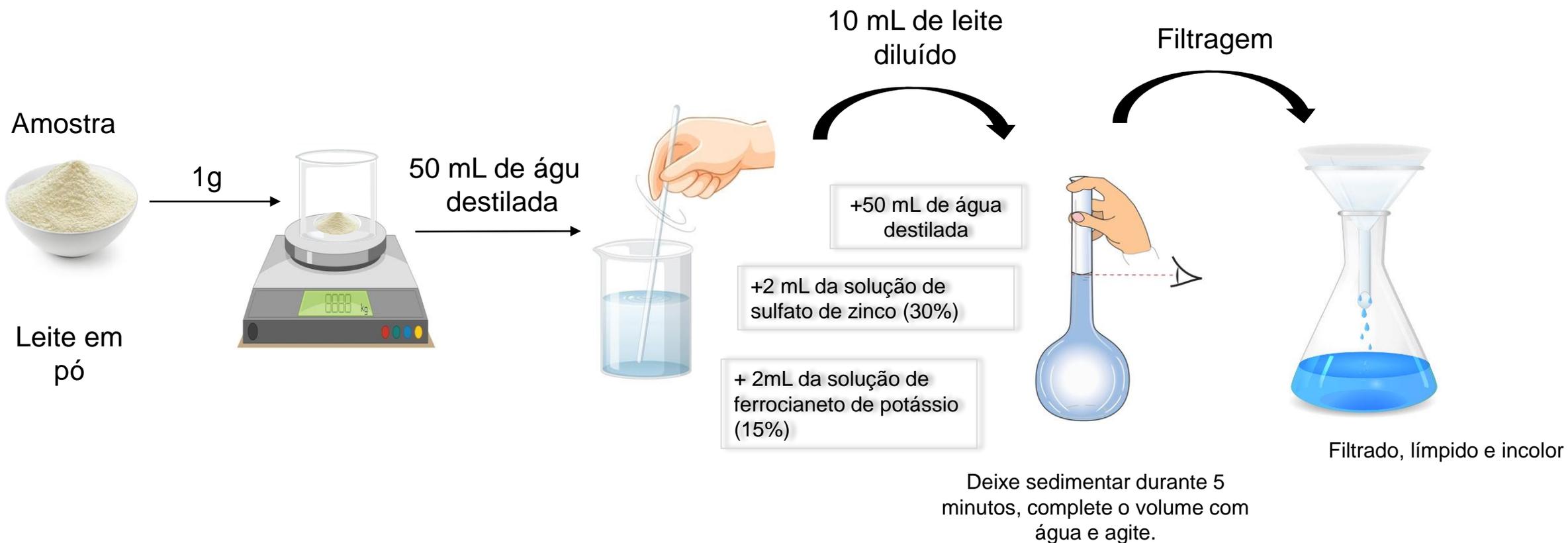
Baseia-se na redução de volume conhecido do reagente de cobre alcalino (Fehling) a óxido cuproso. O ponto final é indicado pelo azul de metileno, que é reduzido por um pequeno excesso de açúcar redutor.



Determinação de açúcar redutor

- Método de Fehling: procedimento

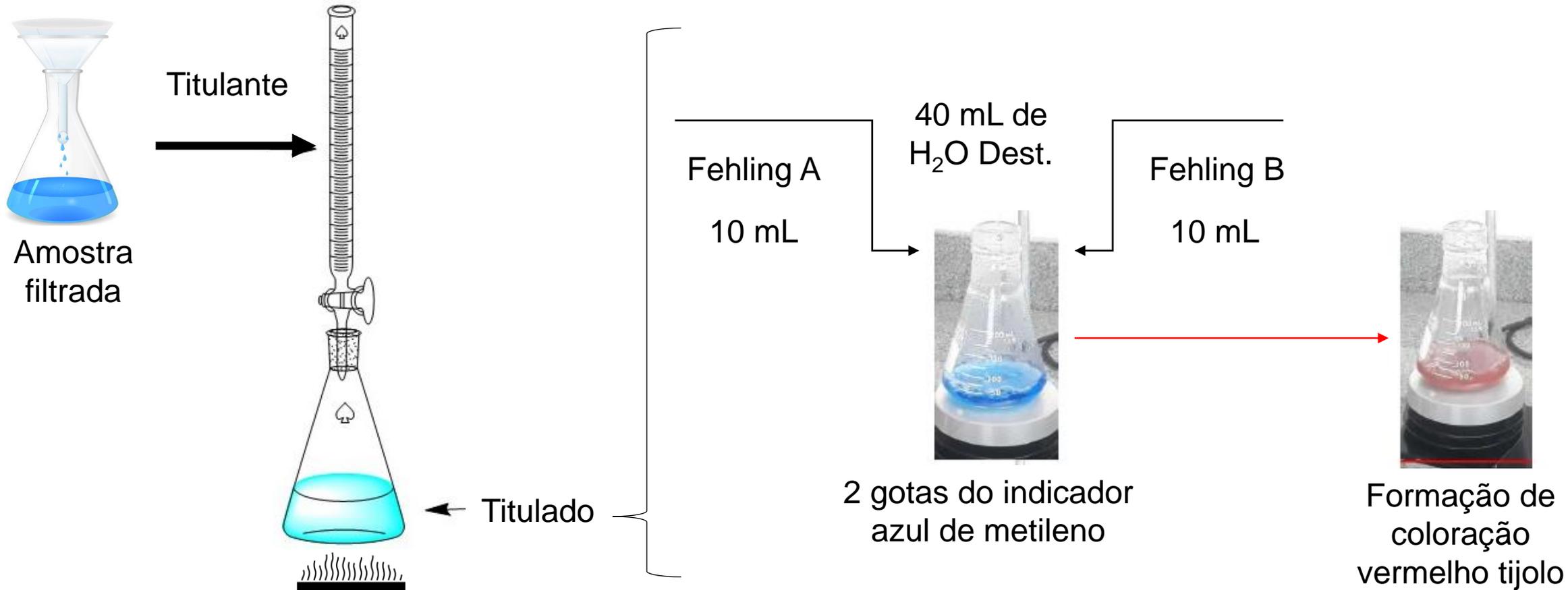
ETAPA 1: preparo da amostra



Determinação de açúcar redutor

- Método de Fehling: procedimento

ETAPA 2: Titulação



Determinação de açúcar redutor

- Método de Fehling: procedimento

ETAPA 3: Cálculos

Volume gasto na titulação (v) mL

R1= 10.5

R2= 11.1

R3=10.3

Volume de amostra (L)

10 mL

Volume da diluição da amostra (V)

100 mL

Número de g de lactose que corresponde a 10 mL de solução de Fehling

0.068

$$\%AR = \frac{V * 0.068 * 100}{L * v} =$$

$$R1\%AR = \frac{100 * 0.068 * 100}{10 * 10,5} = 6.48$$

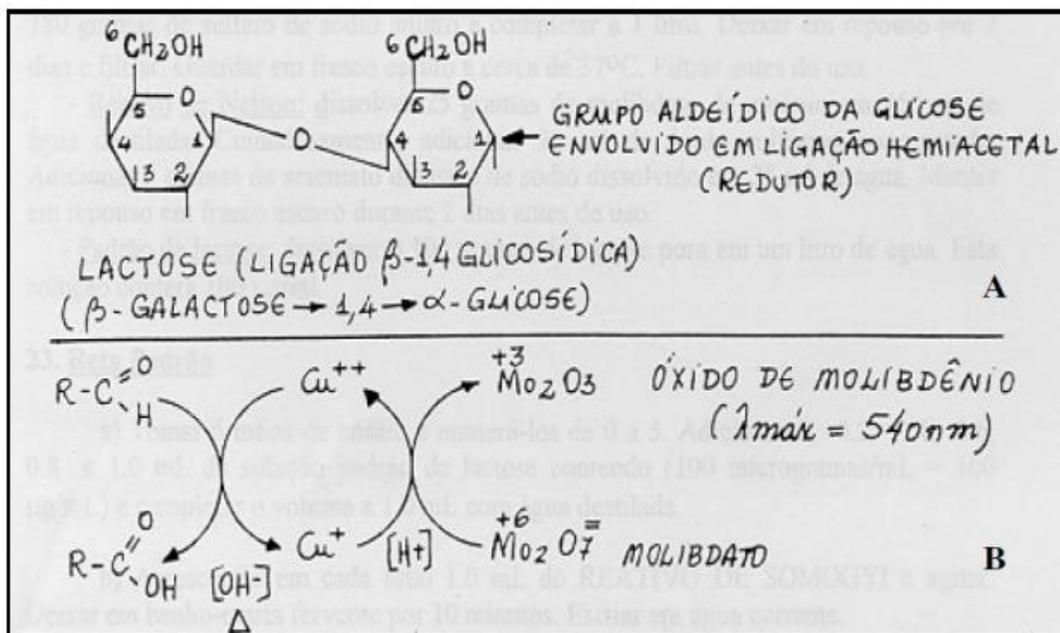
$$R2\%AR = \frac{100 * 0.068 * 100}{10 * 11.1} = 6.13$$

$$R3\%AR = \frac{100 * 0.068 * 100}{10 * 10.3} = 6.60$$

Determinação de açúcar redutor

- Método de Somogyi-Nelson

O princípio do método de Somogyi-Nelson baseia-se na redução de Cu^{++} a Cu^+ pelo açúcar redutor com formação Cu_2O



1°- Redução do íon cúprico do Reativo de Somogyi a óxido cuproso, em meio alcalino e a quente.

2°- Em seguida, o óxido cuproso reage com o ânion arseno-molibdato do Reativo de Nelson produzindo um composto de coloração azul - óxido de molibdênio, Mo_2O_3 .

Determinação de açúcar redutor

- Método de Somogyi-Nelson: procedimento

ETAPA 1: preparo de curva padrão

Tabela 1. Preparação das diluições da solução padrão de glicose ou frutose a 500 mg/L.

Concentração de glicose (mg/L)	Volume de solução padrão de glicose (mL)	Volume de água destilada (mL)
50,0	1,0	9,0
100,0	2,0	8,0
150,0	3,0	7,0
200,0	4,0	6,0
250,0	5,0	5,0
300,0	6,0	4,0
350,0	7,0	3,0
400,0	8,0	2,0
450,0	9,0	1,0
500,00	10,0	0,0

1 mL da diluição +2mL reagente SN-I



6 min (agitar e aquecer)



Banho de gelo por 5 minutos

+2mL reagente SN-II

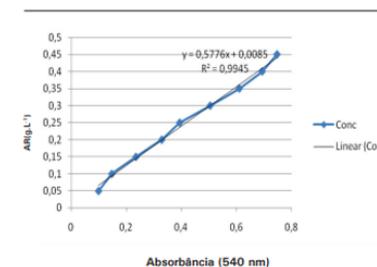


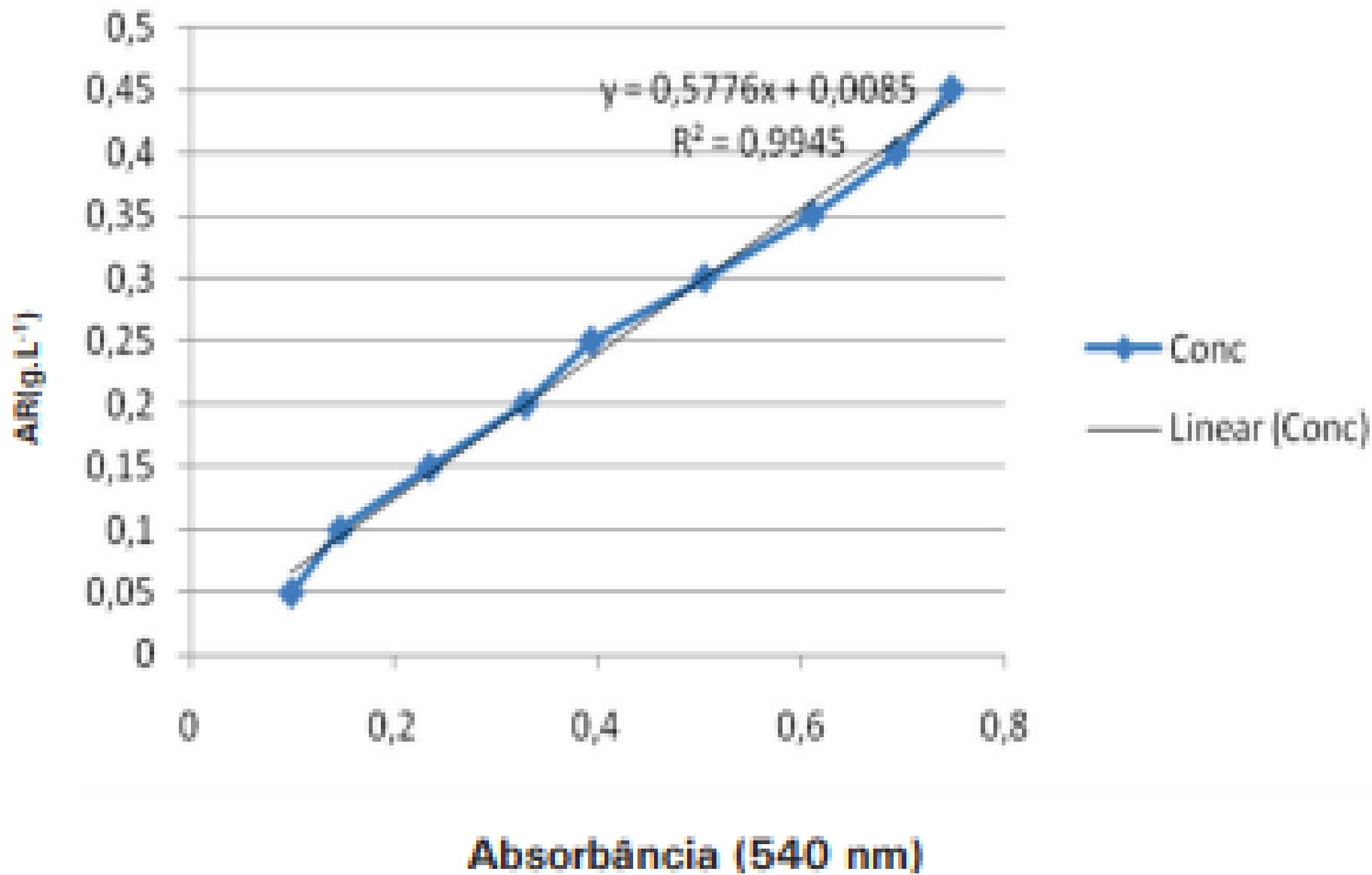
5 min (agitar)

25 mL água (agitar)



540 nm

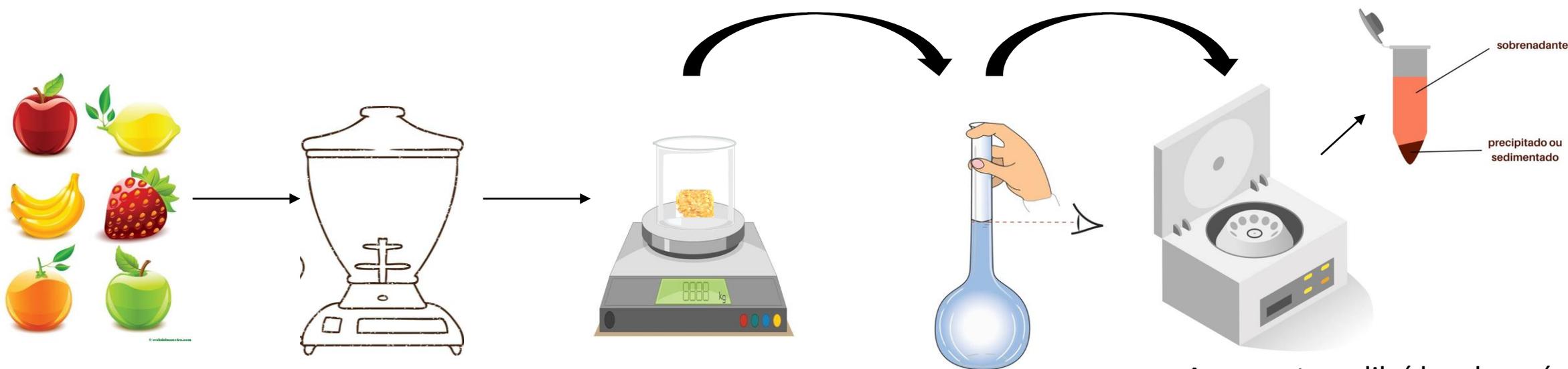




Determinação de açúcar redutor

- Método de Somogyi-Nelson: procedimento

ETAPA 2: preparo da amostra

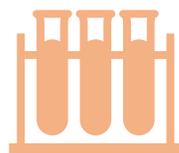
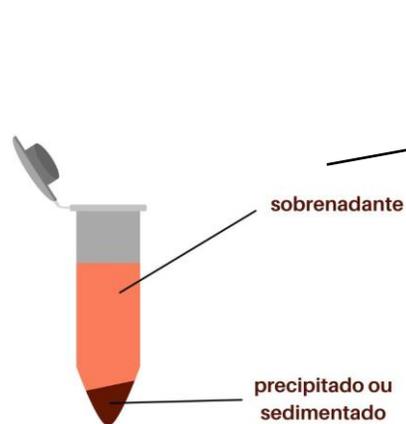


A amostra diluída deverá ser centrifugada a 15.000 rpm por 15 minutos. Retirar 1,0 mL do sobrenadante e fazer o teste de SN

Determinação de açúcar redutor

- Método de Somogyi-Nelson: procedimento

ETAPA 3: Análise da amostra



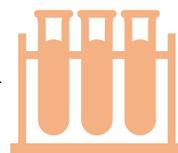
1 mL da diluição +2mL reagente SN-I



6 min (agitar e aquecer)



Banho de gelo por 5 minutos

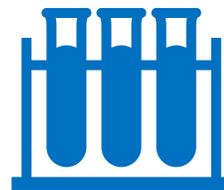


+2mL reagente SN-II



5 min (agitar)

25 mL água (agitar)



540 nm

Exemplo de resposta

R1- ABS = 0.50

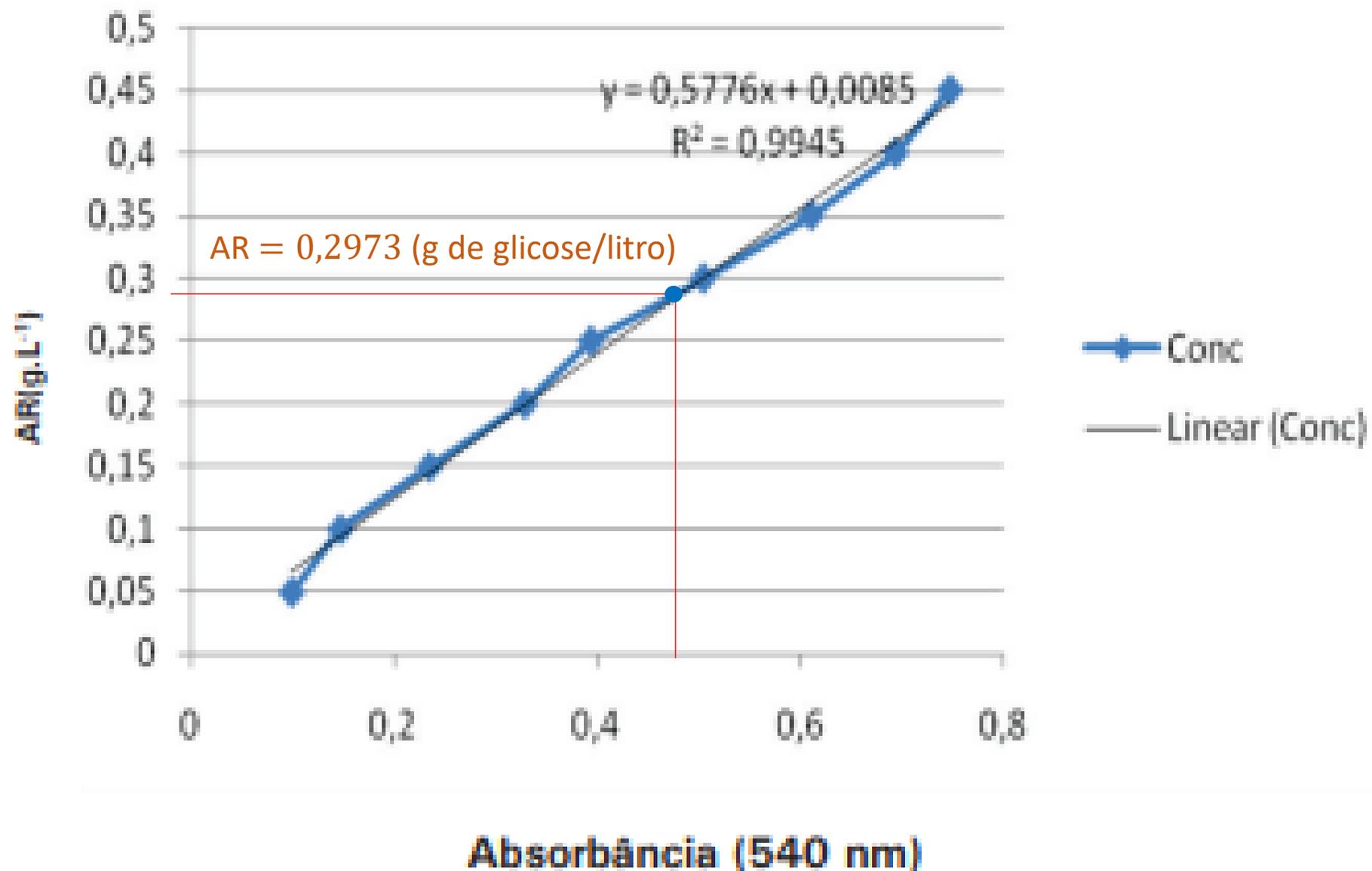
R2- ABS = 0.40

R3- ABS = 0.42

$$y = 0,5776x + 0,0085$$

$$y = 0,5776 * 0.5 + 0,0085$$

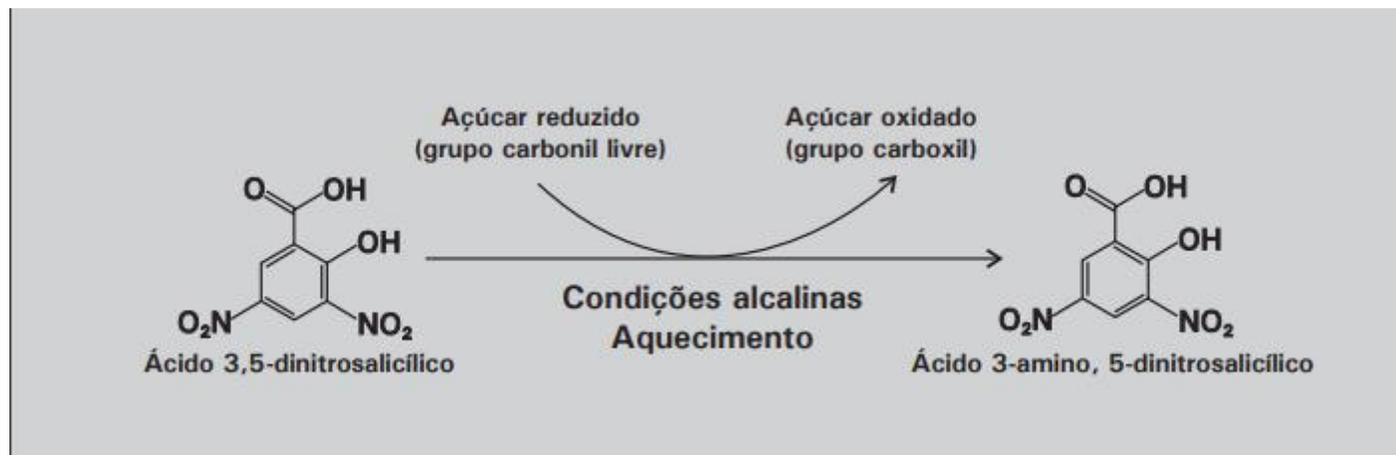
$$y = 0,2973 \text{ (g de glicose/litro)}$$



Determinação de açúcar redutor

- Método de Ácido 3,5-Dinitrosalicílico (DNS)

Baseado na capacidade de o ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS) ser reduzido pela glicose a composto nitroamino análogo (ácido 3-amino-5-nitrosalicílico), altamente colorido



Protocolo Determination of Reducing Sugars by 3,5-Dinitrosalicylic acid: Historical Development of the Method and Establishment of a Protocol to the Laboratory of Bioprocess: EMBRAPA. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103342/1/BPD13017.pdf>

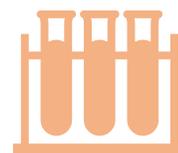
Determinação de açúcar redutor

- Método de Ácido 3,5-Dinitrosalicílico(DNS): procedimento

ETAPA 1: preparo de curva padrão

Tabela 1. Exemplo de preparo das soluções diluídas de glicose, usadas na elaboração da curva-padrão, a partir da solução-mãe de glicose $1,0 \text{ g L}^{-1}$.

Solução de glicose (mL)	Água destilada (mL)	Concentração final (g L^{-1})
10	90	0,1
20	80	0,2
30	70	0,3
40	60	0,4
50	50	0,5
60	40	0,6
70	30	0,7
80	20	0,8
90	10	0,9



0.5 mL da diluição
+0,5mL reagente DNS+5
mL água dest.



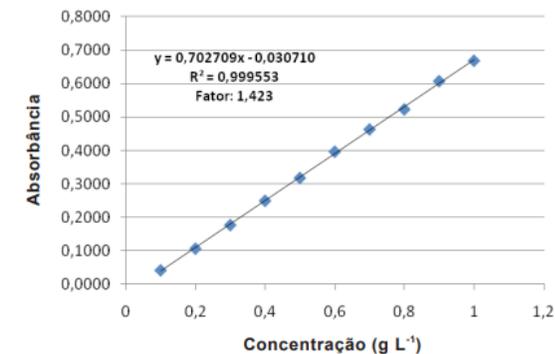
15 min (agitar
e aquecer)



Banho de
gelo por 5
minutos



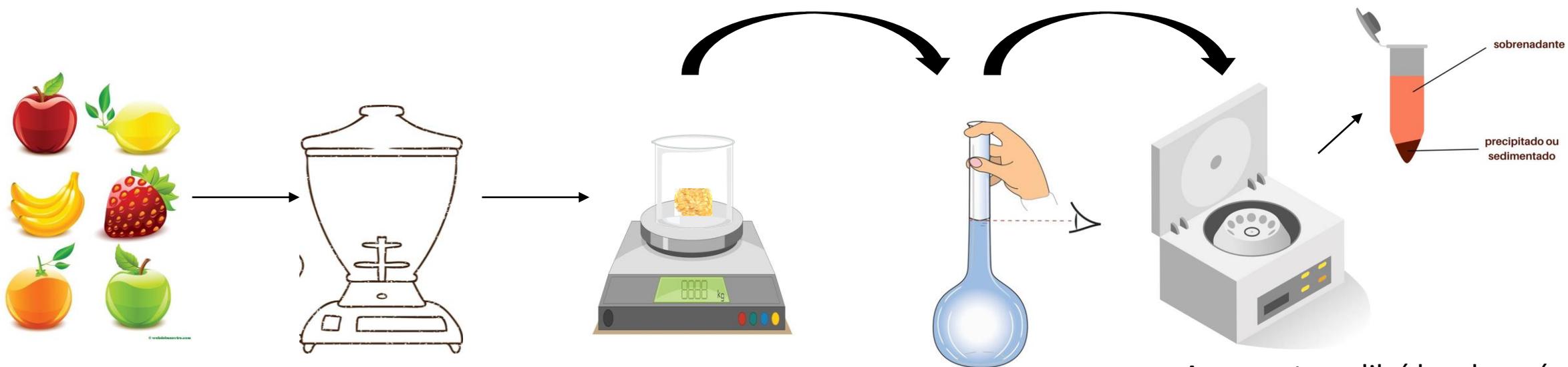
540 nm



Determinação de açúcar redutor

- Método de Ácido 3,5-Dinitrosalicílico(DNS): procedimento

ETAPA 2: preparo da amostra

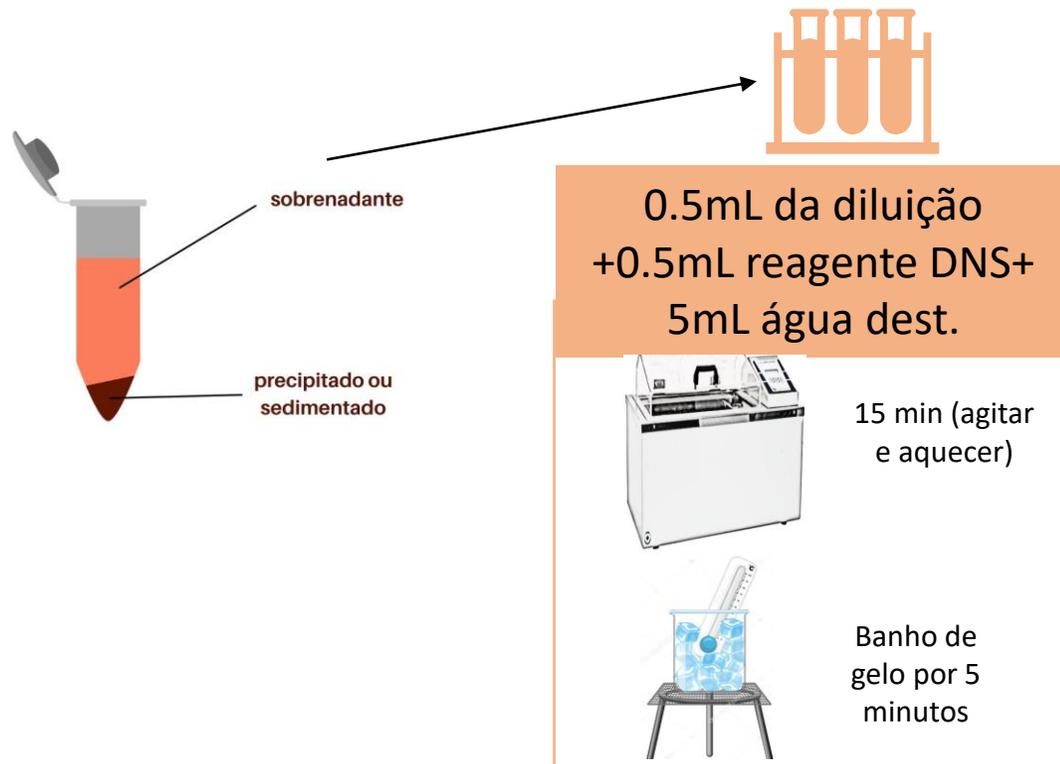


A amostra diluída deverá ser centrifugada a 15.000 rpm por 15 minutos. Retirar 1,0 mL do sobrenadante e fazer o teste de SN

Determinação de açúcar redutor

- Método de Ácido 3,5-Dinitrosalicílico(DNS): procedimento

ETAPA 3: Análise da amostra



540 nm

Exemplo de resposta

R1- ABS = 0.50

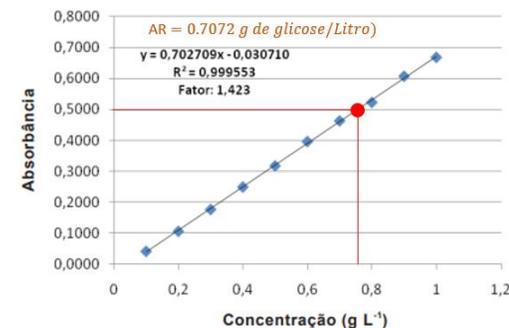
R2- ABS = 0.40

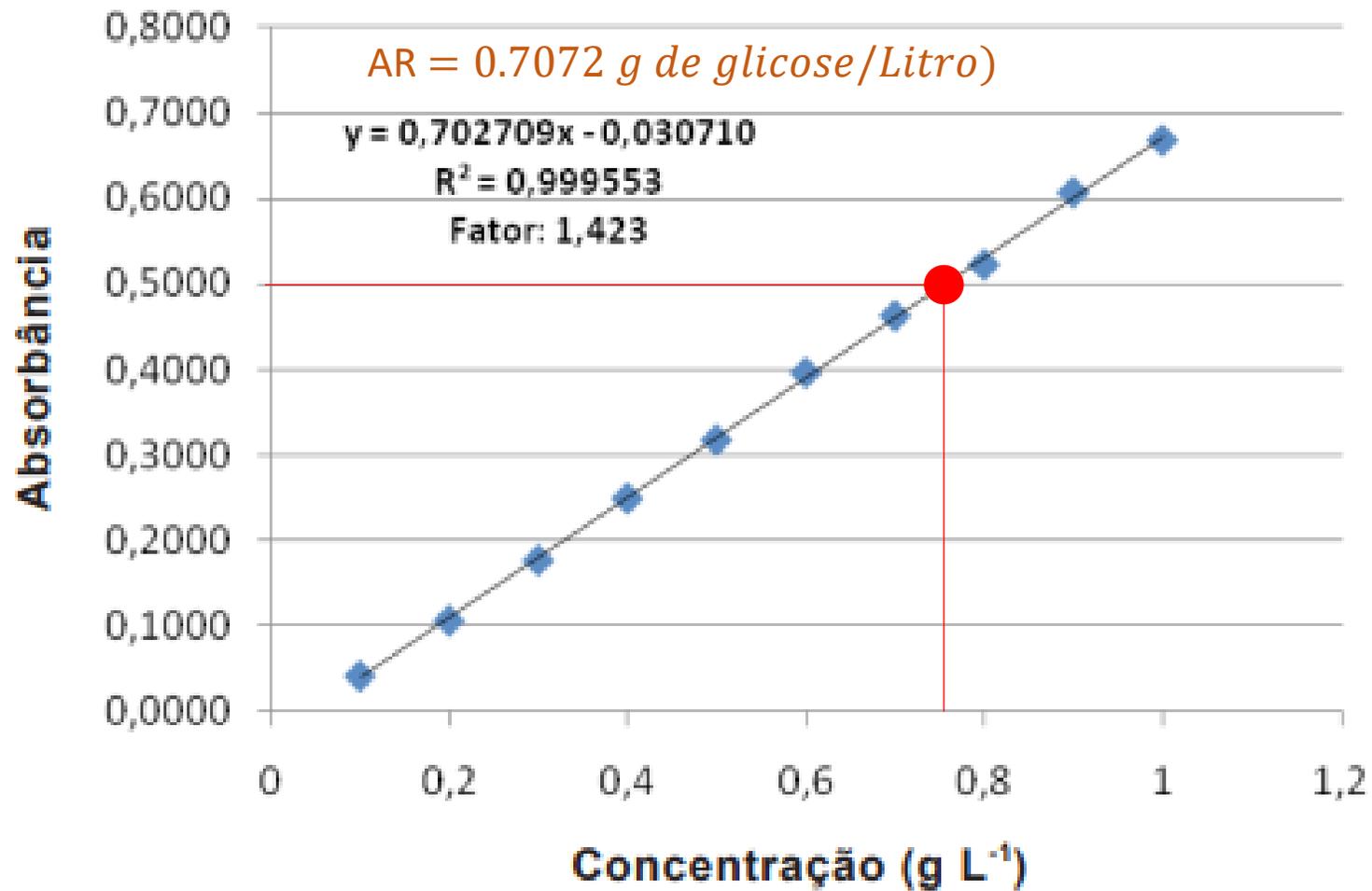
R3- ABS = 0.42

$$y = 0,702709x + 0,0030710$$

$$0.50 = 0.702709 * x + 0.0030710$$

$$x = 0.7072$$





Formas simples: Refratômetro



A medida de 1°Bx representa 1g de compostos solúveis totais a cada 100g de solução.

A medida de 25°Bx representa 25g de compostos solúveis totais a cada 100g de solução.

Formas simples: Diferença

% carboidratos disponíveis (Cd)

$$Cd = 100 - (\%U + \%Cz + \%EE + \%Pr + \%Fib)$$

% carboidratos totais (Ct)

$$Ct = 100 - (\%U + \%Cz + \%EE + \%Pr)$$

Carboidratos indisponíveis

- Polissacarídeos estruturais
- Gomas
- Celulose
- Hemicelulose
- Lignina
- Substâncias pécticas
- Amido resistente

Definição

Todas as fibras dietéticas ou alimentares que não são digeridas no trato gastrointestinal, como por exemplo; celulose, hemicelulose e pectina, carboidratos como poliois (sorbitol, monitol) e também alguns amidos resistentes.

Métodos para determinação de fibras

Exemplos:

Métodos Gravimétricos

- Método de Weende (Fibra bruta)
- Método Hennerberg
- Método de Van soest
- Método de Goering e Van Soest

Método Enzimático-Gravimétricos

- Método de fibra detergente enzimática (FDN enzimático)
- Método de fibra detergente (FDA)
- Método de determinação de lignina e celulose
- Método para determinação de Pentose
- Método de fibra alimentar total

Determinação de fibra Bruta

- Método Weed (Gravimétrico): Procedimento

ETAPAS



Cálculo:

Fibra bruta (g) = Amostra inicial - (Lipídeos + Cinzas + Umidade)

% de fibra bruta

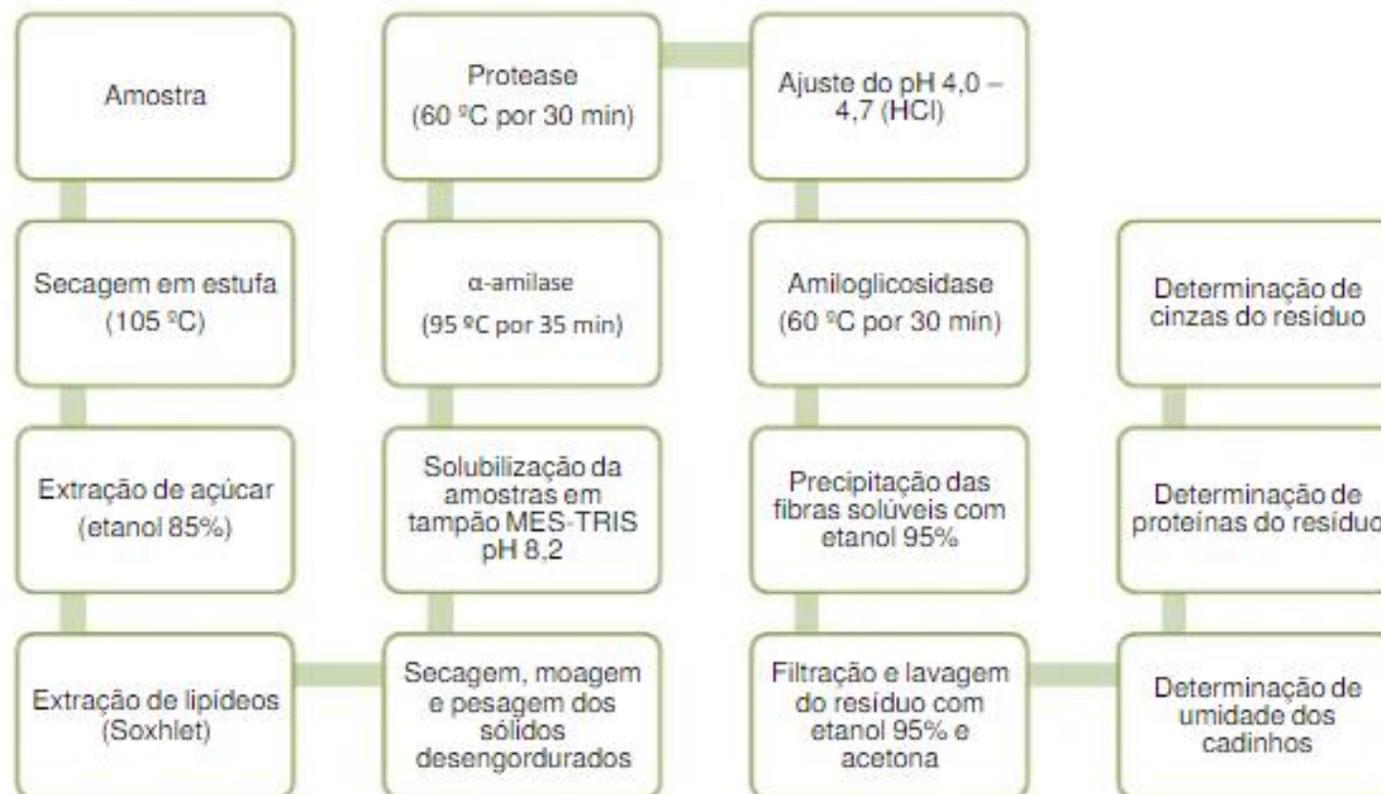
Amostra inicial (g)	100%
Fibra bruta (g)	x (% b.u.)

American Association of cereal chemists. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, St Paul, 2009.

Determinação de fibra Alimentar

- Método fibra alimentar total: Procedimento

ETAPAS



Cálculo:

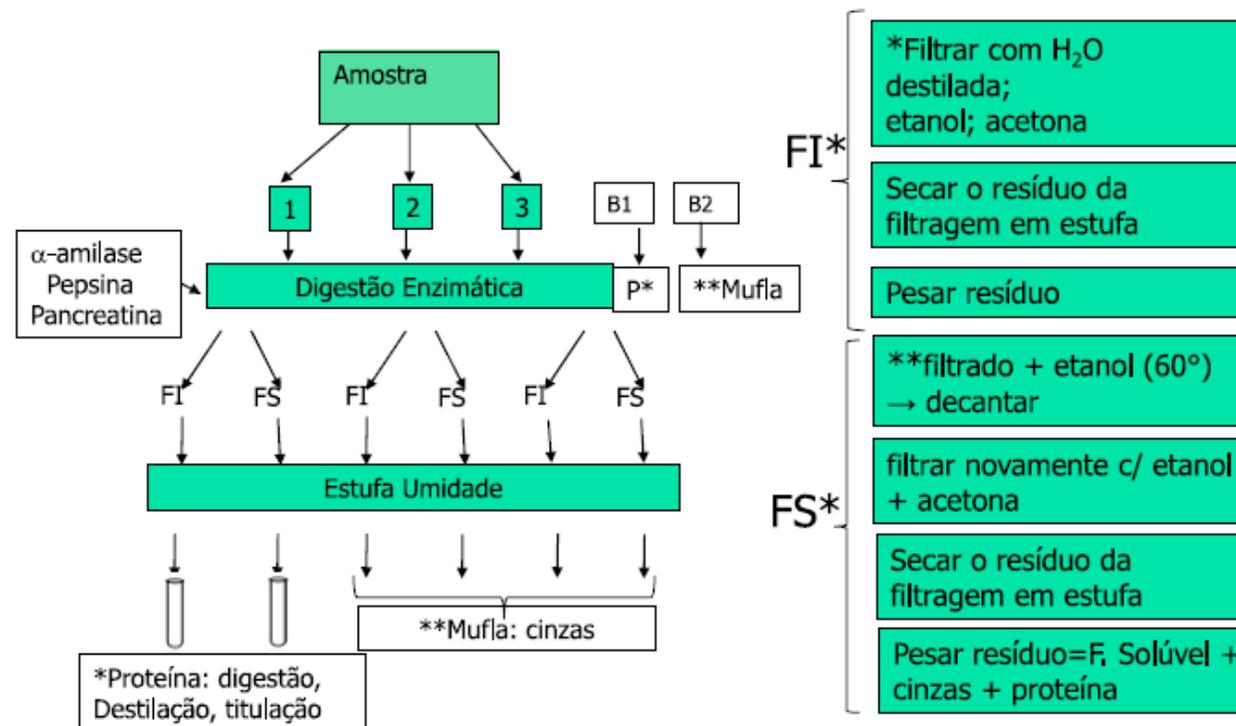
$$\text{Fibra alimentar total (\%)} = \frac{\text{Resíduo} - \text{Proteína} - \text{Cinzas} * 100}{\text{massa de amostra}}$$

Instituto Adolfo Lutz (São Paulo). Métodos físico-químicos para análise de alimentos /coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea -- São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008 p. 1020

Determinação de fibra solúvel (FS) e fibra insolúvel (FI)

- Método FI e FS (Método enzimático-gravimétrico):
Procedimento

ETAPAS



Calculo

$$\% \text{ fibra insolúvel} = \frac{F_1 - M_1 - B_1}{P} \times 100 - \% \text{ proteína}$$

$$\% \text{ fibra solúvel} = \frac{F_2 - M_2 - B_2}{P} \times 100 - \% \text{ proteína}$$

Onde: P = peso amostra (g)

F = peso após secar (g)

M = peso pós-mufila (g)

B = branco

Conclusão

- Nessa aula vimos brevemente as funções e classificação química dos carboidratos;
- Exploramos alguns métodos e técnicas utilizados na determinação de carboidratos. Através de diferentes análises, desde as clássicas até as mais modernas;
- Pudemos perceber a complexidade e a diversidade dos carboidratos presentes nos alimentos;
- Aprendemos a importância de métodos precisos e confiáveis para a avaliação desses componentes, tanto para o controle de qualidade de alimentos quanto para estudos científicos;
- Ao final desta aula, estamos mais preparados para aplicar esses conhecimentos em nossas práticas laboratoriais e no entendimento dos aspectos nutricionais dos alimentos.