



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS DE SINOP



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GROSSO/ CAMPUS DE SINOP
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

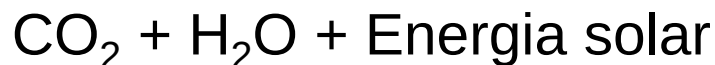
Nutrição Animal: Carboidratos

Douglas dos Santos Pina



Carboidratos: Abrangem um dos maiores grupos de compostos orgânicos encontrados na natureza e juntamente com as proteínas formam os constituintes principais dos seres vivos, além de serem a mais abundante e econômica fonte de energia para o homem (Bobbio & Bobbio, 2003).

Carboidratos: são os principais componentes dos tecidos das plantas. Compreendendo até 70 da MS de forragens e até 85% da MS de grãos de cereais, sendo sintetizado a partir de:

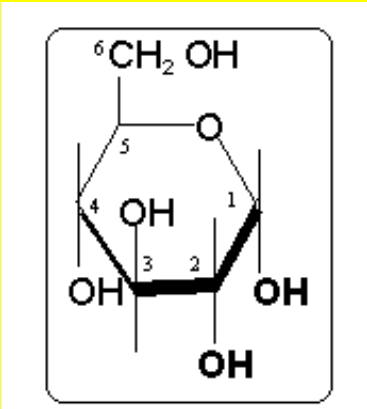


Grão de Sorgo





Classificação dos CHO

MONOSSACARÍDEOS	OLIGOSSACARÍDEOS	POLISSACARÍDEOS
Não podem ser hidrolisados a moléculas menores	Após hidrólise, geram de 2 a 10 moléculas de monossacarídeos	Após hidrólise, geram mais de 10 moléculas de monossacarídeos
Glicose 	Maltose: Gli α (1,4)-Gli Sacarose: Gli α (1,2)-β-Fru Lactose: Gal β (1,4)-Gli Celobiose: Gli β (1,4)-Gli	Amido: Gli α (1,4)- Gli Amilopectina e Glicogênio: Gli α (1,4) e α (1,6)- Gli Celulose: Gli β (1,4)- Gli Hemicelulose: Gli β (1,4) e xilose α (1,6)



CNF, CHO presentes no conteúdo celular +
 β Glucanos da PC + ácidos orgânicos.

CARBOHIDRATOS

FDN, CHO presentes na parede celular
(celulose, Hemicelulose, lignina, PB e MM
insolúvel).



Partição dos CHO's (CNCPS)

Carboidratos

A

Açúcares e A. Org.

B1

Amido e S. Pécnicas

B2

FDN

C

FDNi (Lignina x 2,4)



Partição dos CHO's (Hall, 2000)

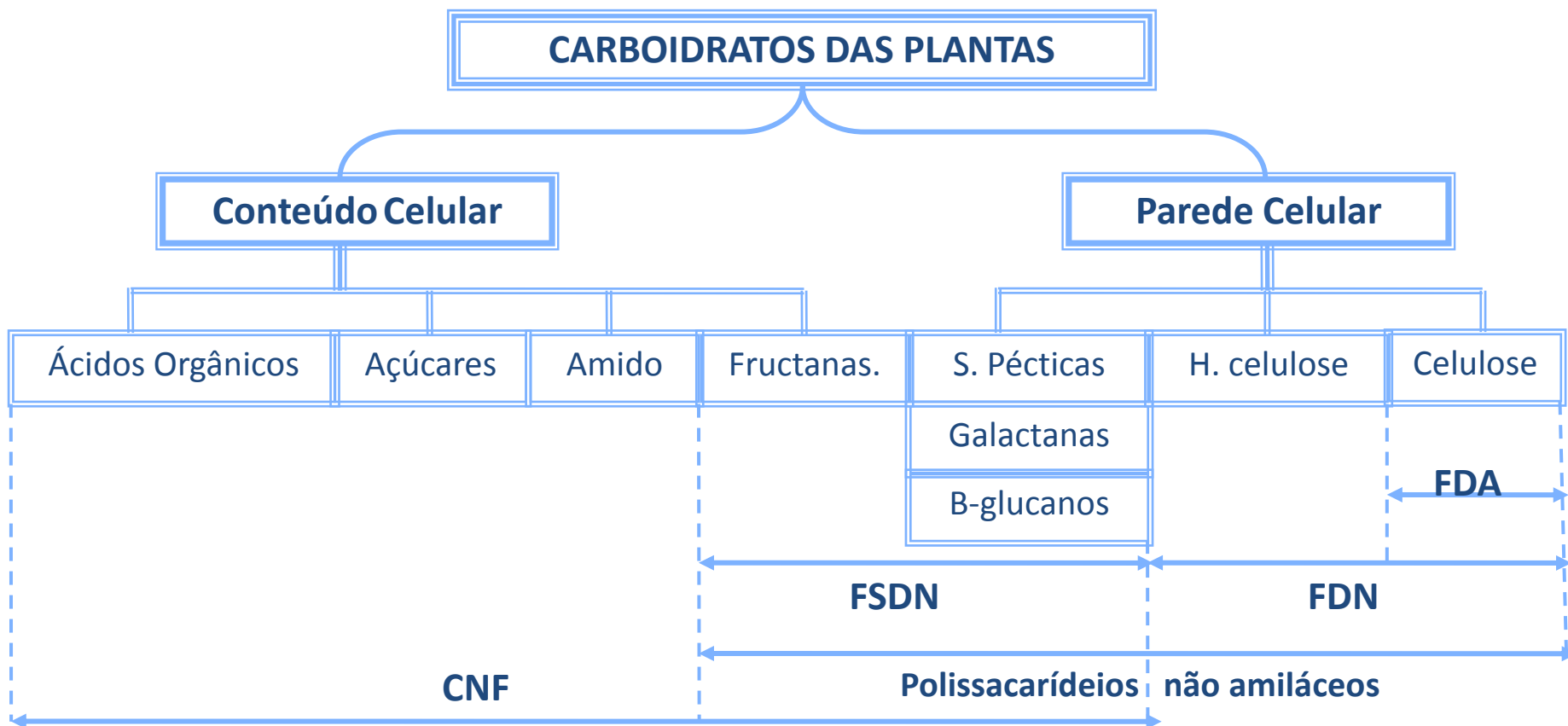
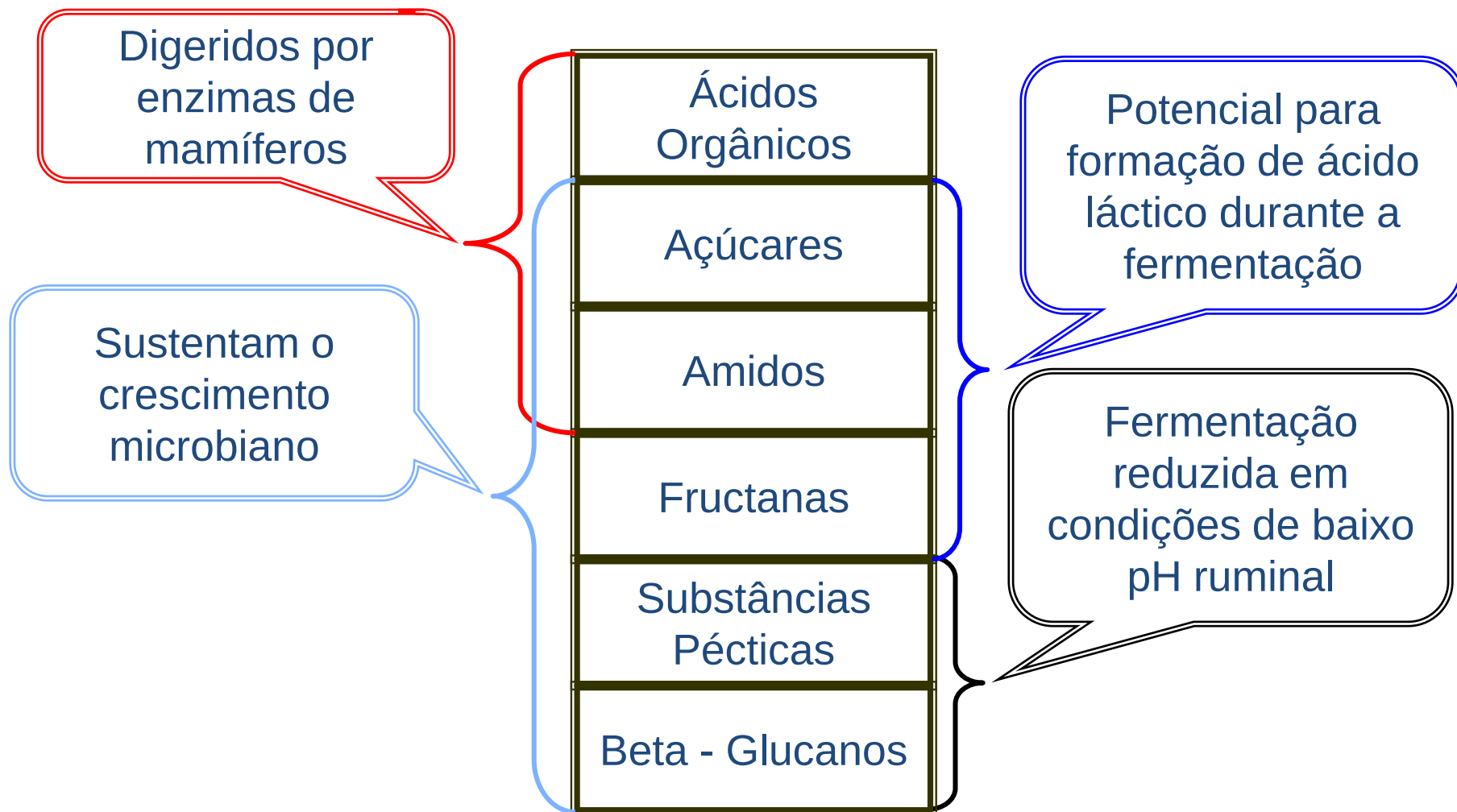


Figura 1. Adaptada de Hall, (2003). FDA = fibra insolúvel em detergente ácido, FDN = fibra insolúvel em detergente neutro, FSDN= fibra solúvel em detergente neutro (inclui todos polissacarídeos não amiláceos ausentes na FDN, CNF= carboidratos não fibrosos.



Divisão dos CNF baseados em suas características de digestão





Conteúdo de FDN, CNF e CNE

ALIMENTOS	FDN	% MS	
		CNF	CNE
Silagem de alfafa	51,4	18,4	7,5
Feno de alfafa	43,1	22,0	12,5
Mistura de feno de gram.	60,9	16,6	13,6
Silagem de milho	44,2	41,0	34,7
Milho moído	13,1	67,5	68,7
Polpa de beterraba	47,3	36,2	19,5
Caroço de algodão	48,3	10,0	6,4
Cevada	23,2	60,7	62,0
Casca de soja	66,6	14,1	5,3
Farelo de soja (48% PB)	9,6	34,4	17,2

CNF= 100-(FDN + PB + EE + MM) e CNE método enzimático (Smith, 1981).



Variação na composição dos CNF

ALIMENTOS	Açúcar	Amido	Pectina	Ác. Org.
	% dos CNF			
Silagem de alfafa	0	24,5	33,0	42,5
Feno de gramínea	35,4	15,2	49,4	0
Silagem de milho				
Cevada				
Grão de milho				
Polpa de beterraba				
Casca de milho				
Farelo de soja (10,7% D)	28,2	28,2	18,8	0

Dependendo do método de preservação, tipo de grão, a composição dos CNF pode variar bastante, o que pode afetar a taxa e extensão da degradação e o valor energético do alimento para o animal.



Padrão de Fermentação dos Carboidratos

1. Glicose, Frutose, Sacarose – Imediata

2. Maltose, Lactose, Galactose – Rápida

3. Amido – Velocidade Intermediária (**Processamento**)

4. Pectina + digestível que a celulose e hemicel.

5. Celulose e Hemicelulose – Lenta

6. Lignina – Indisponível

Interfere na síntese
de gordura do leite

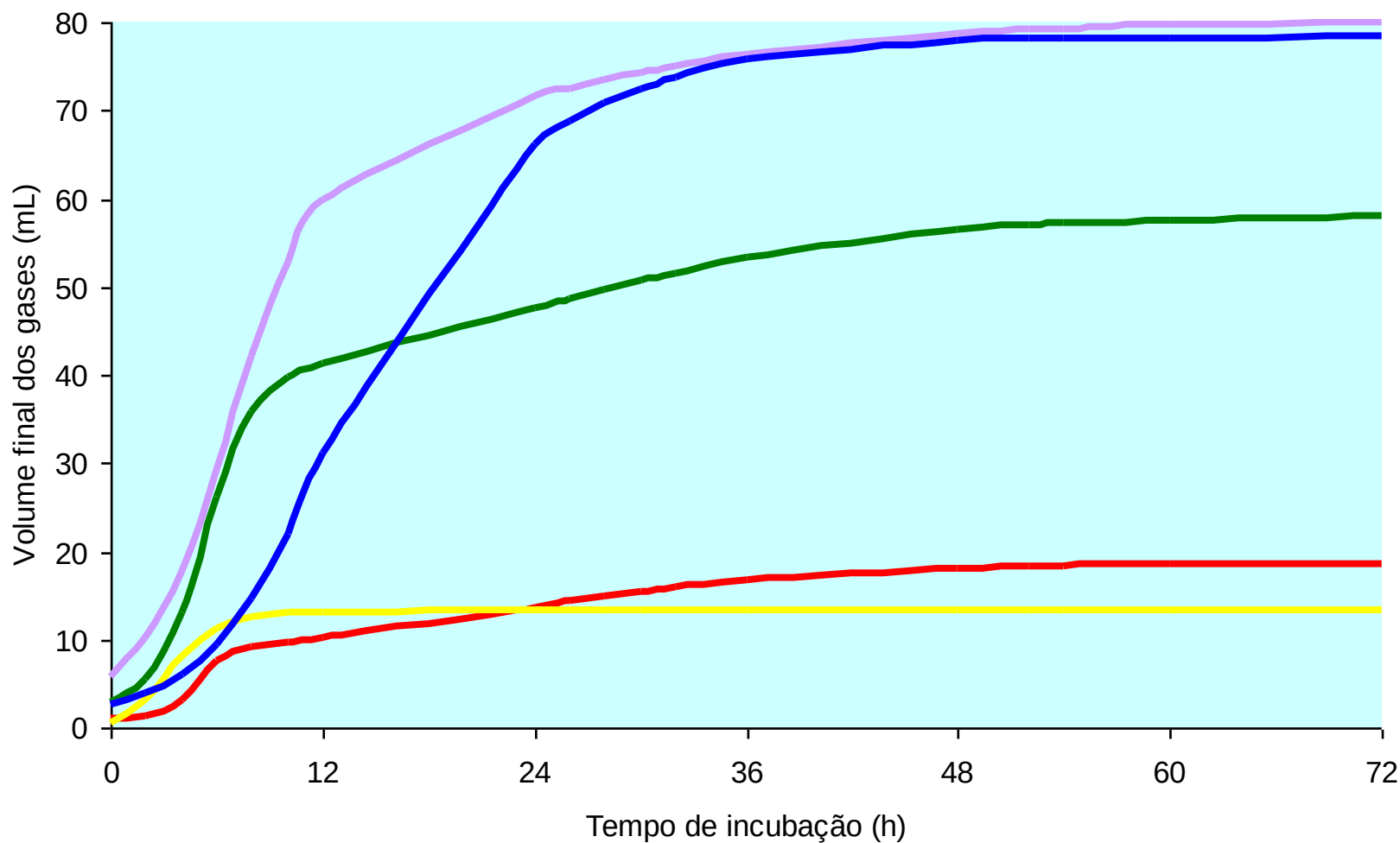
Interfere
no pH

Interfere
no CMS



Fermentação in vitro

— cana — goiaba — mandioca casca — polpa cítrica — soja casca





Principais fatores que afetam a digestão do amido

a) fonte de amido:

tubérculo > grão

Grão: Aveia, cevada, triticaie > milho > sorgo

b) Relação amilose/ amilopectina

c) Característica do grão:

- resistência do pericarpo;
- quantidade de matriz protéica;
- proporção de endosperma vítreo (córneo)/ farináceo;

d) Atividade enzimática: amilase



Teores de MS e amido (% MS) de alguns ingredientes e suas respectivas degradabilidades efetivas

Itens	Milho	Sorgo	R. Mandioca	Triticale	Trigo	Aveia	Cevada
MS	87,74	88,42	88,33	87,97	87,67	88,47	86,32
Amido	71,80	72,40	83,91	71,31	70,38	52,71	66,07
Amido							
a	8,8	12,7	23,1	18,8	11,9	25,8	12,7
b	91,2	87,3	76,9	76,9	86,4	66,4	86,1
c	0,013	0,027	0,075	0,182	0,322	0,051	0,071
DE (2%/h)	41,6 e	62,1 d		88,6 ab	93,2 a	75,8 c	79,4 c
DE (8%/h)	18,4 d	33,4 c		73,6 a	81,2 a	56,8 b	54,3 b

Adaptada de Zeevalk
Médias seguidas

Vários fatores afetam a degradabilidade efetiva dos grãos, dentre eles podemos destacar:

Cultivares

Processamentos

Nível de ingestão

Características Físicas dos Grãos



Proporção dos AGV's fermentação ruminal de diferentes CHO

Carboidratos	AGV's (proporção molar)			pH	Referências
	Acetato	Propionato	Butirato		
Glicose	58	27	14	5,87	Giduck & Fontenot, 1987
Sacarose	54	25	20	6,40	
Lactose	63	23	13	5,44	
Amido	65	18	15	6,70	
Hemicelulose	60	38	3	-	Marounek et al., 1985
Pectina	88	9	3	-	
Amido	65	30	6	-	



Porcentagem de FDN e CNF em dietas para vacas de leite

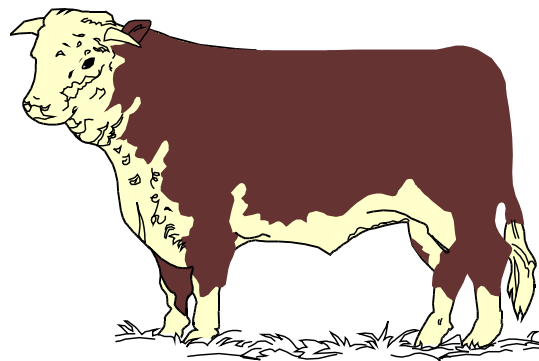
Estado Fisiológico	Recomendações	
	FDN ¹	CNF ²
Seca distante do parto	60 – 65	20 – 25
Seca próximo ao parto	32 – 36	35 – 40
Produção de Leite em (lb / dia)		
Menor 31	48	28 – 30
Entre 31 – 46	40	32 – 34
Entre 47 – 64	35	34 – 36
Entre 65 – 80	31	36 – 38
Maior 80	28	38 – 40

Adaptada de Hoover & Miller-Webster, (1998).

1 Baseado em Mertens (1985); 2 baseado em Stokes et al. (1991).



Locais de Digestão



Celulose

Rúmen » 70 – 90 %

l. grosso » 10 – 30%

Hemicelulose

Rúmen » 60 – 85 %

l. grosso » 15 – 40%

Amido

Rúmen » 50 – 95%

l. Delgado » 5 - 50 %

CHO solúveis

Rúmen » 95 – 98%



Principais Enzimas

- α -amilase pancreática

- Maltase

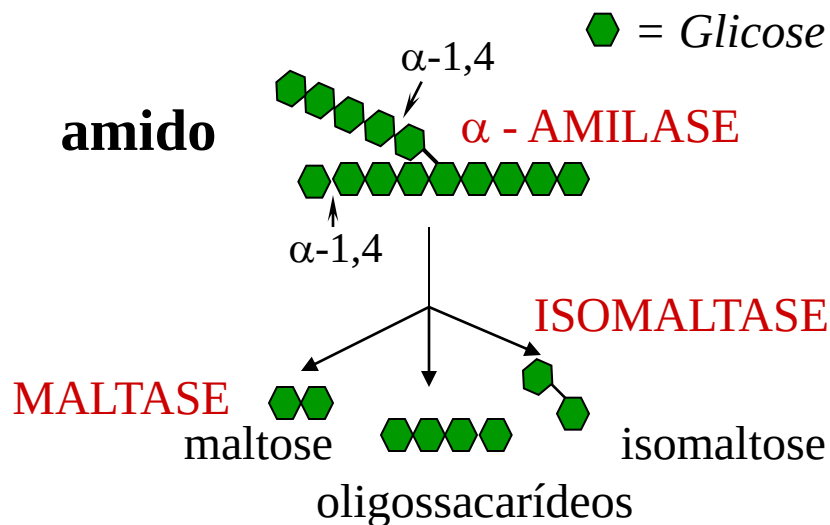
- Isomaltase

- Lactase

- Sacarase

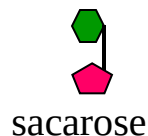
- Trealase

amido



$\text{Pentagon} = \text{Frutose}$

$\text{Hexagon} = \text{galactose}$



SACARASE



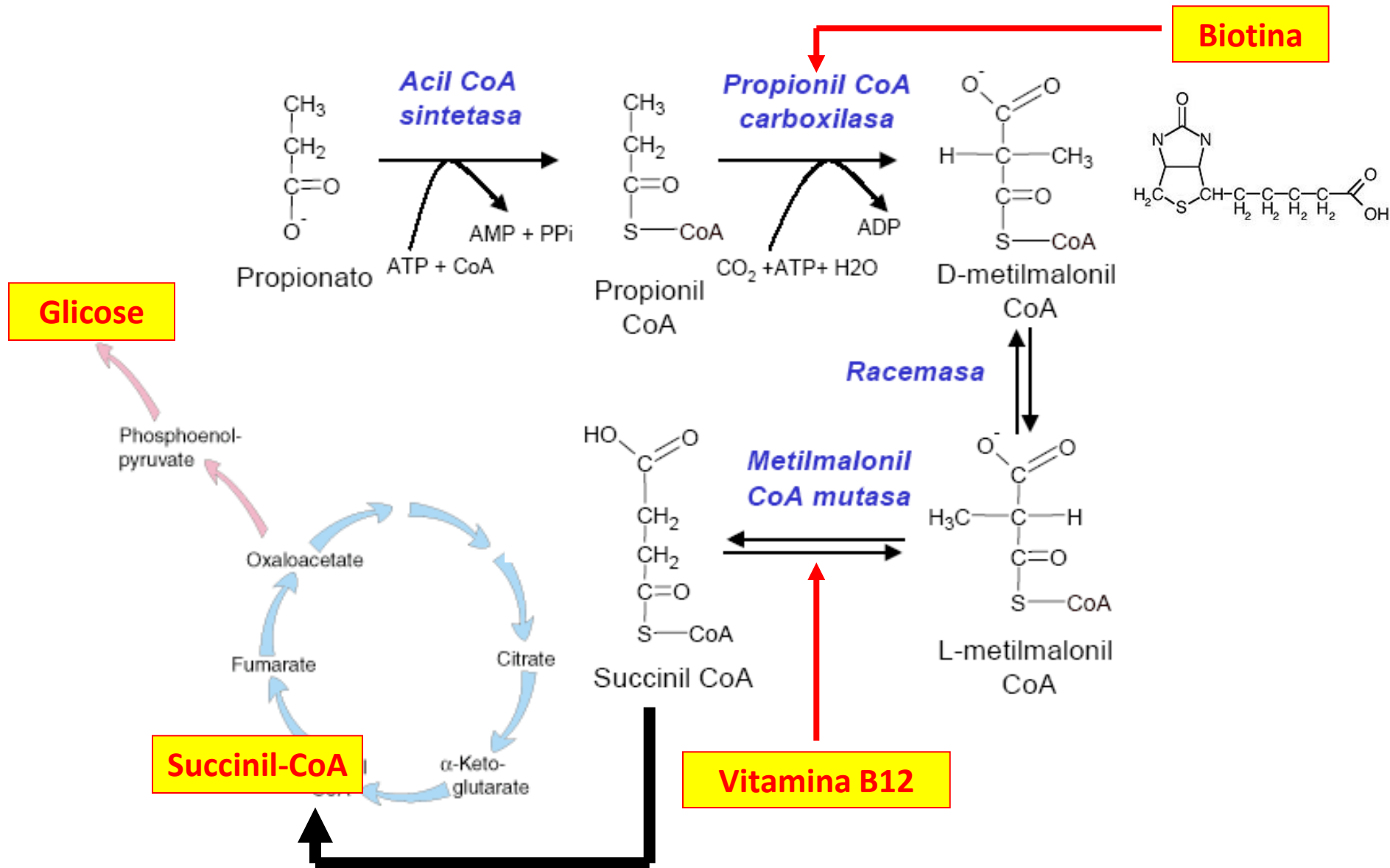
LACTASE



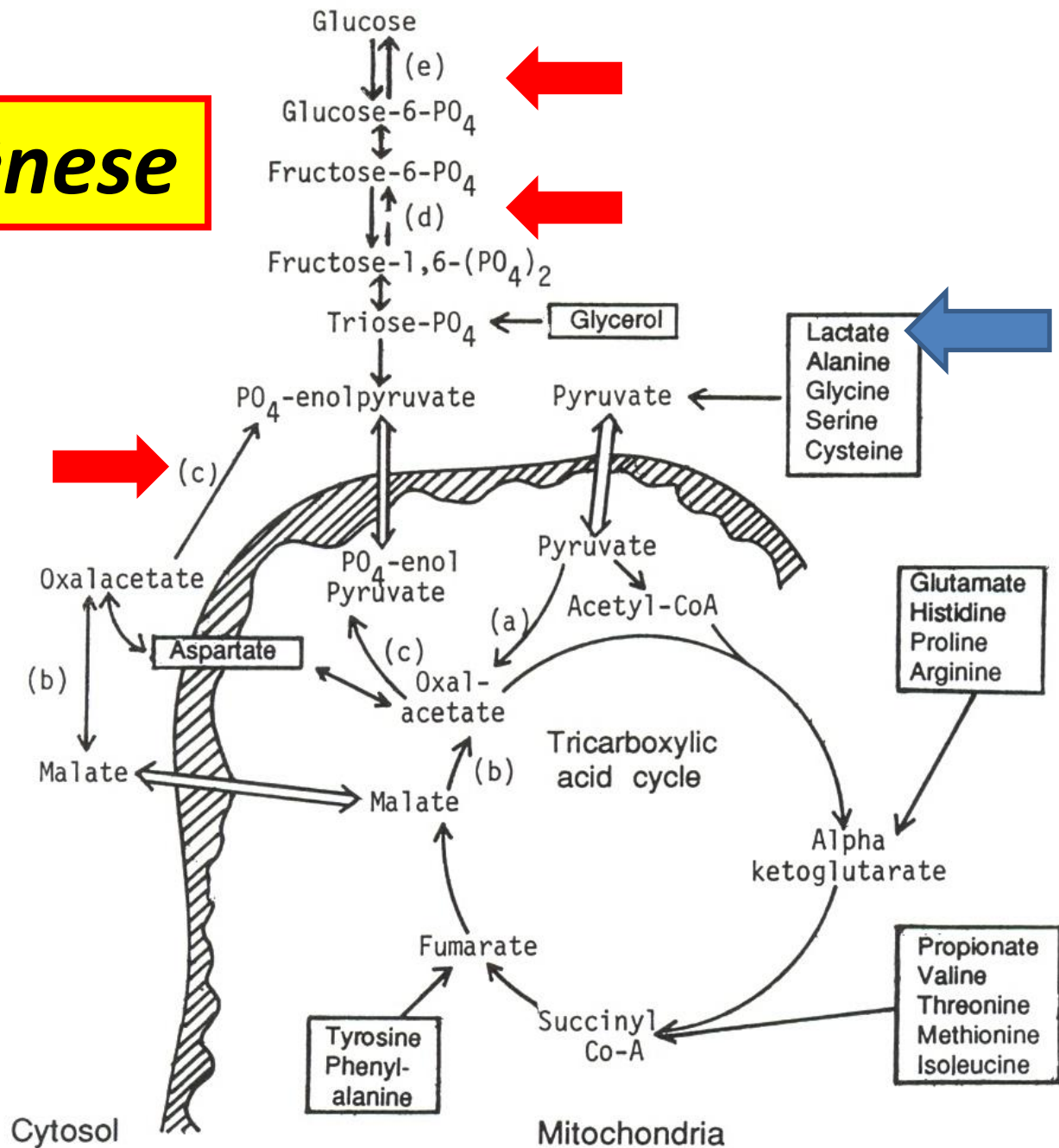
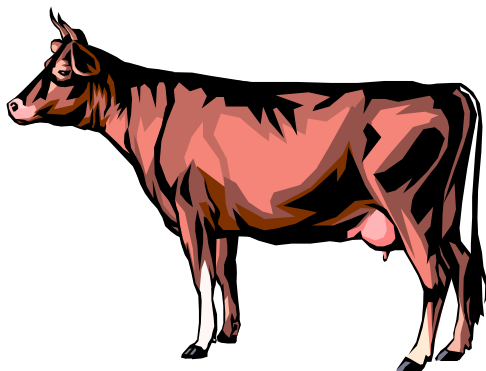
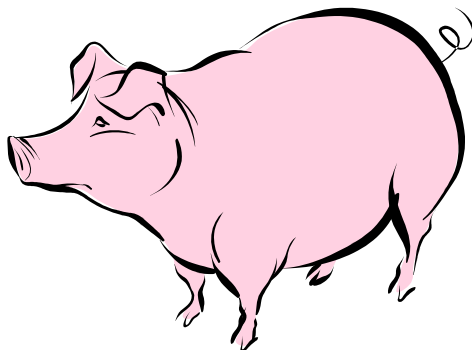
TREALASE

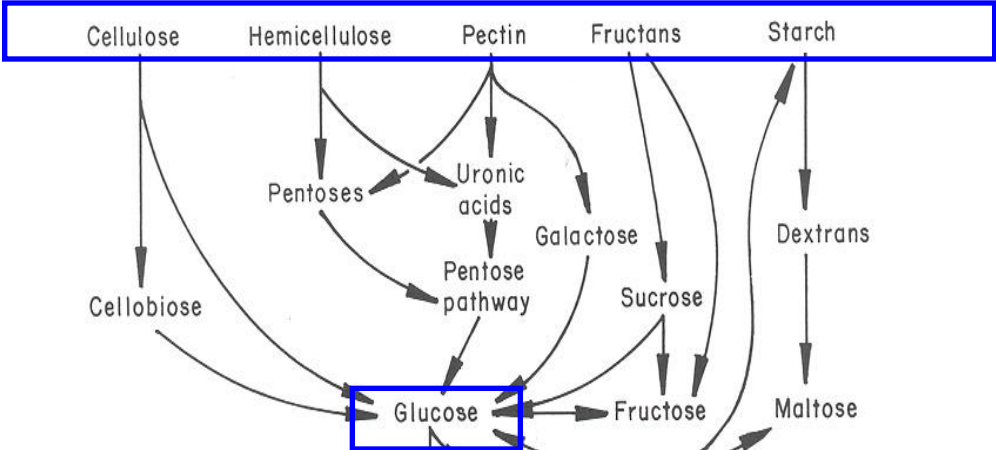
Limitado Ruminantes

Gliconeogênese a partir de Propionato



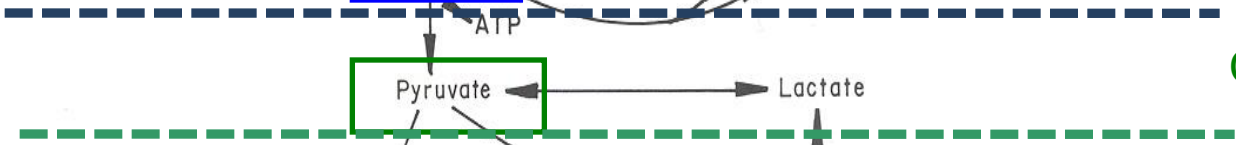
Gliconeogênese



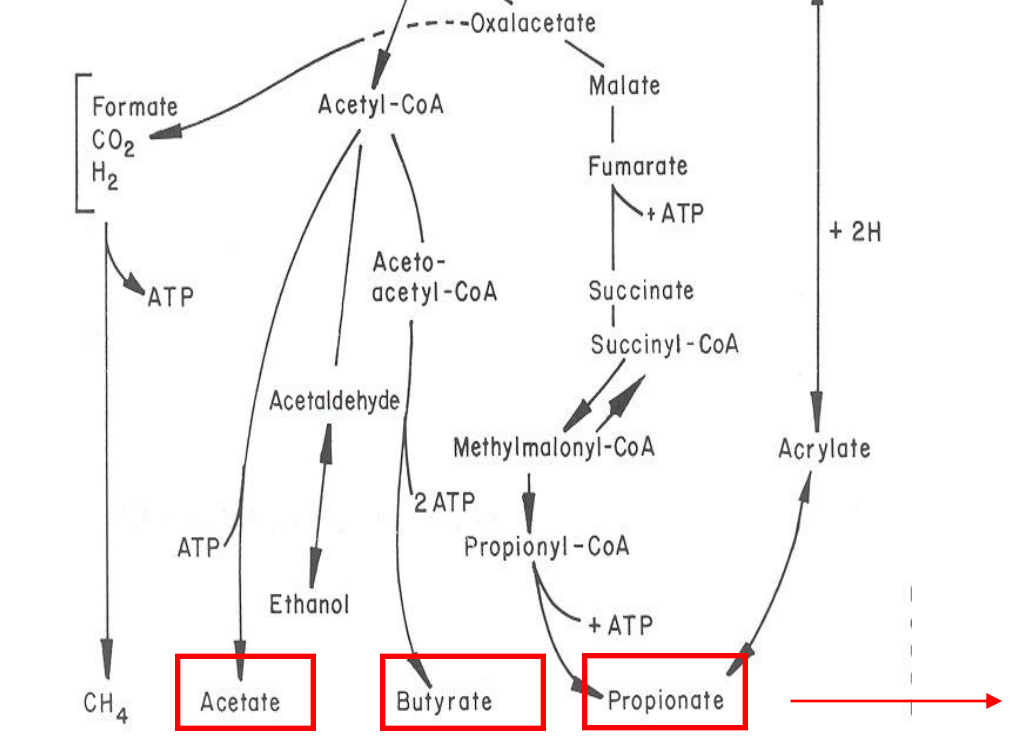


Adesão e
formação de biofilme

Digestão/Aborção
pela células
microbianas



Glicólise



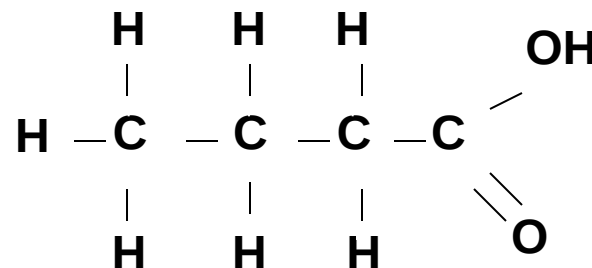
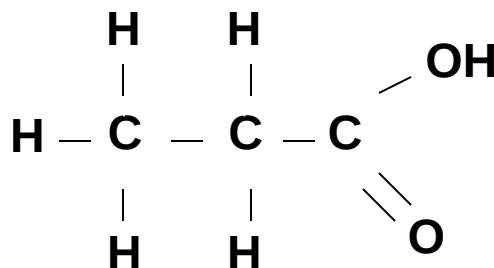
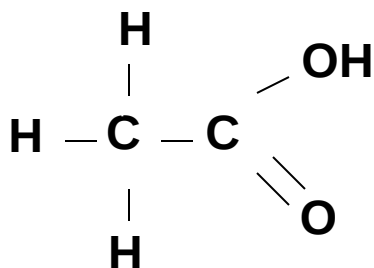
Fermentação

Absorvido pelo epitélio → veia porta



○ AGVs

- a. Acetato/ ácido acético (2 carbonos)
- b. Propionato/ ácido propiônico (3 carbonos)
- c. Butirato/ ácido butírico (4 carbonos)



○ Suprem 50-70% do requerimento de Energia dos ruminantes

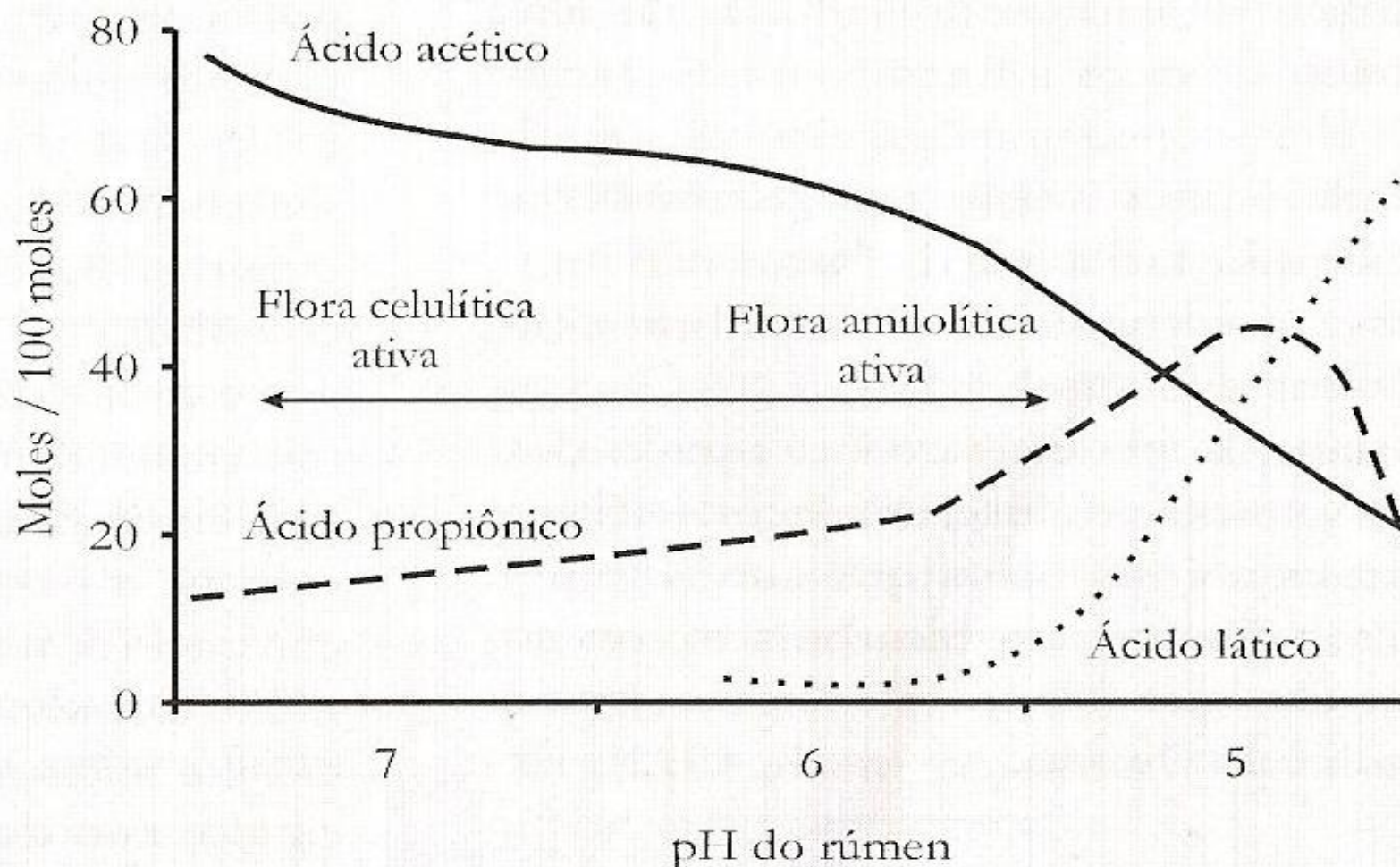
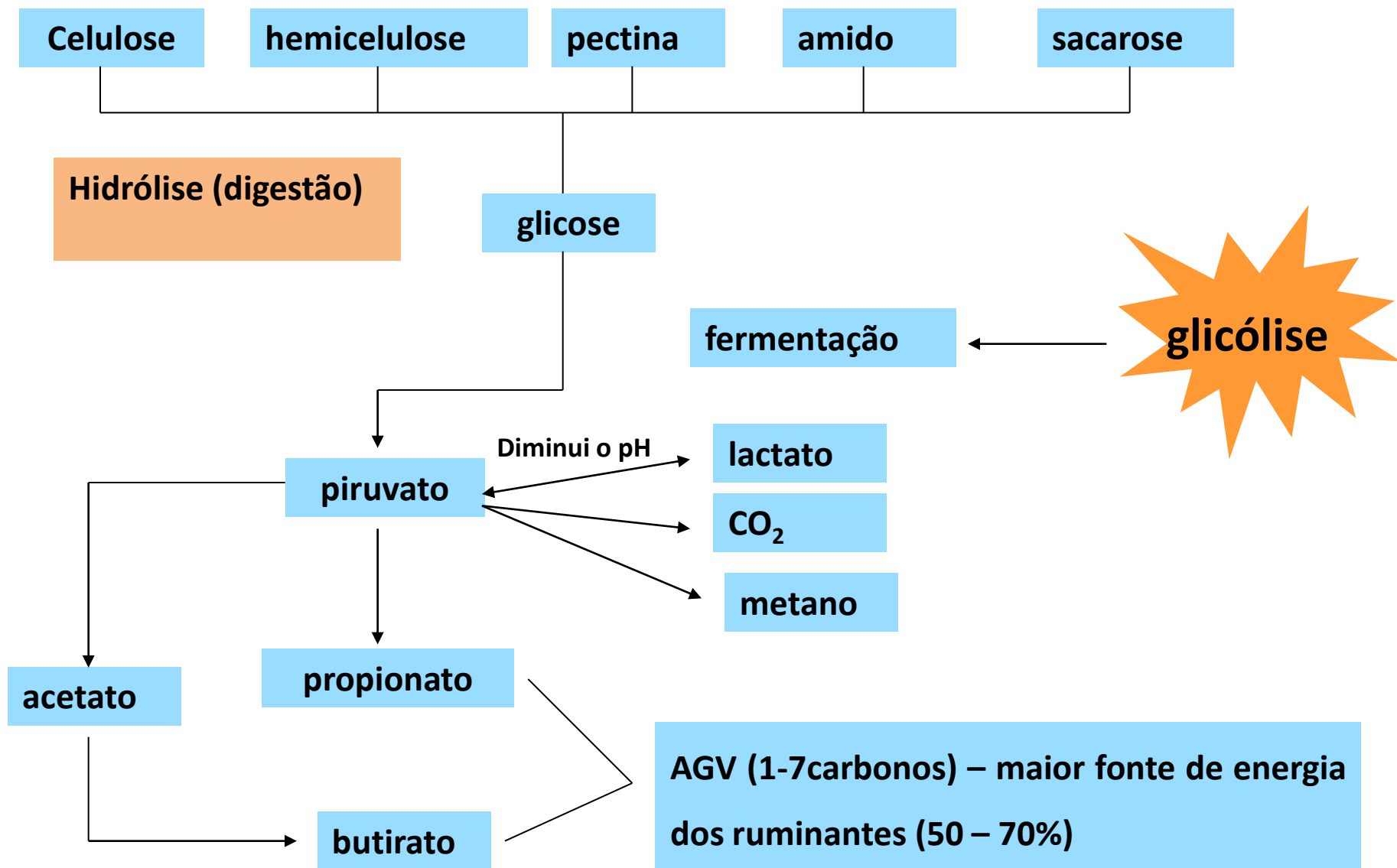
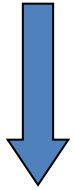
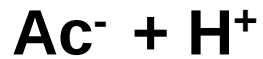


Figura 4 - Relação entre as concentrações dos ácidos acético, propiônico e láctico e pH ruminal. Adaptado de Kaufmann *et al.* (1980), citados por Owens e Goetsch (1993).





Forma não protonada ou
dissociada

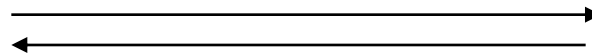


+ Hidrossolúvel

Forma protonada ou
não dissociada



+ Lipossolúvel



pKa

Acetato = 4,76

Butirato = 4,85

Propionato = 4,87

Lactato = 3,85

Condições:

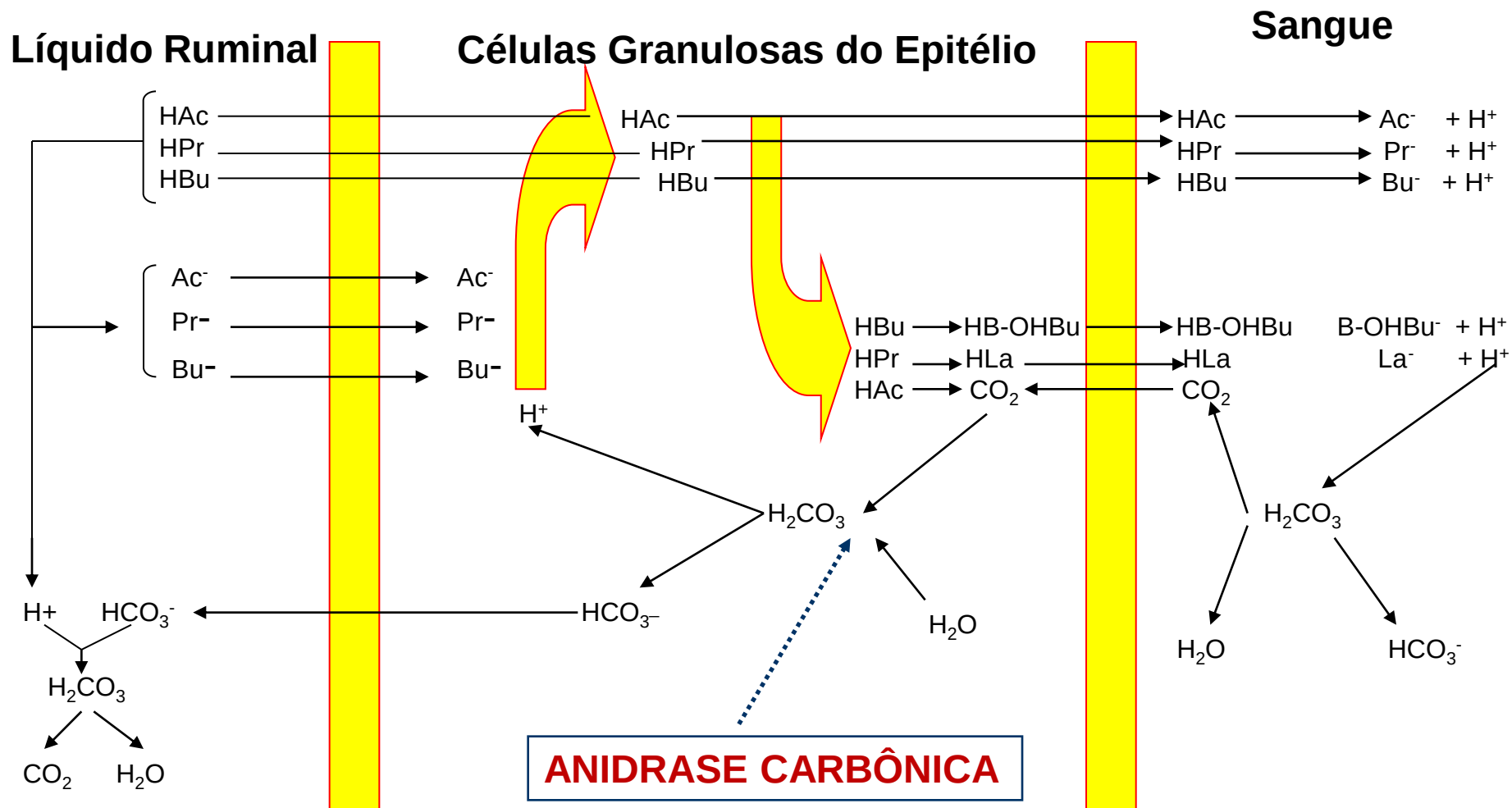
$\text{pH} = \text{pKa} \rightarrow$ 50% não-protonada + 50 % protonada

$\text{pH} > \text{pKa} \rightarrow$ maior parcela não- protonada (impermeável)

$\text{pH} < \text{pKa} \rightarrow$ maior parcela protonada (permeável)

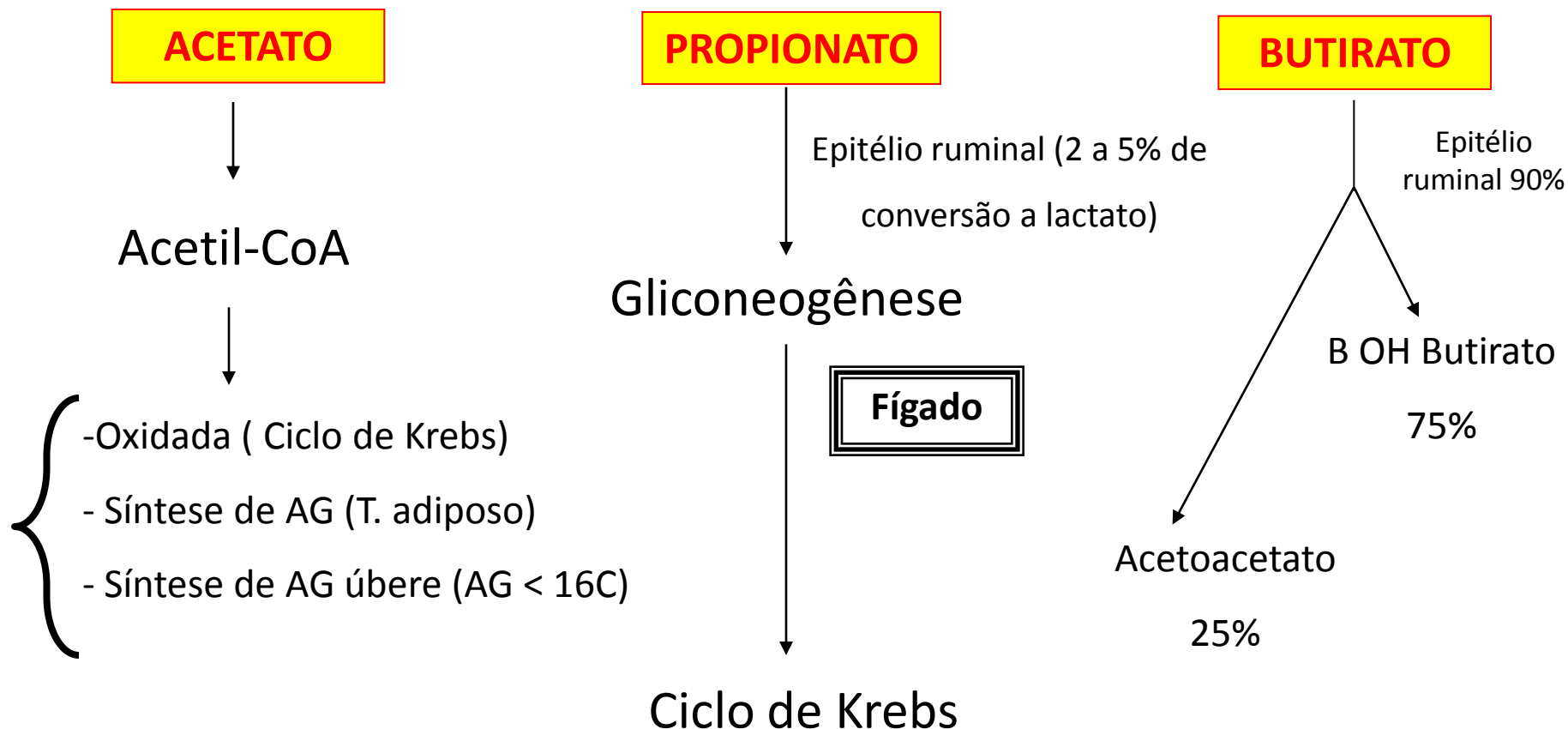


Absorção dos AGV





Locais de Utilização dos AGV's

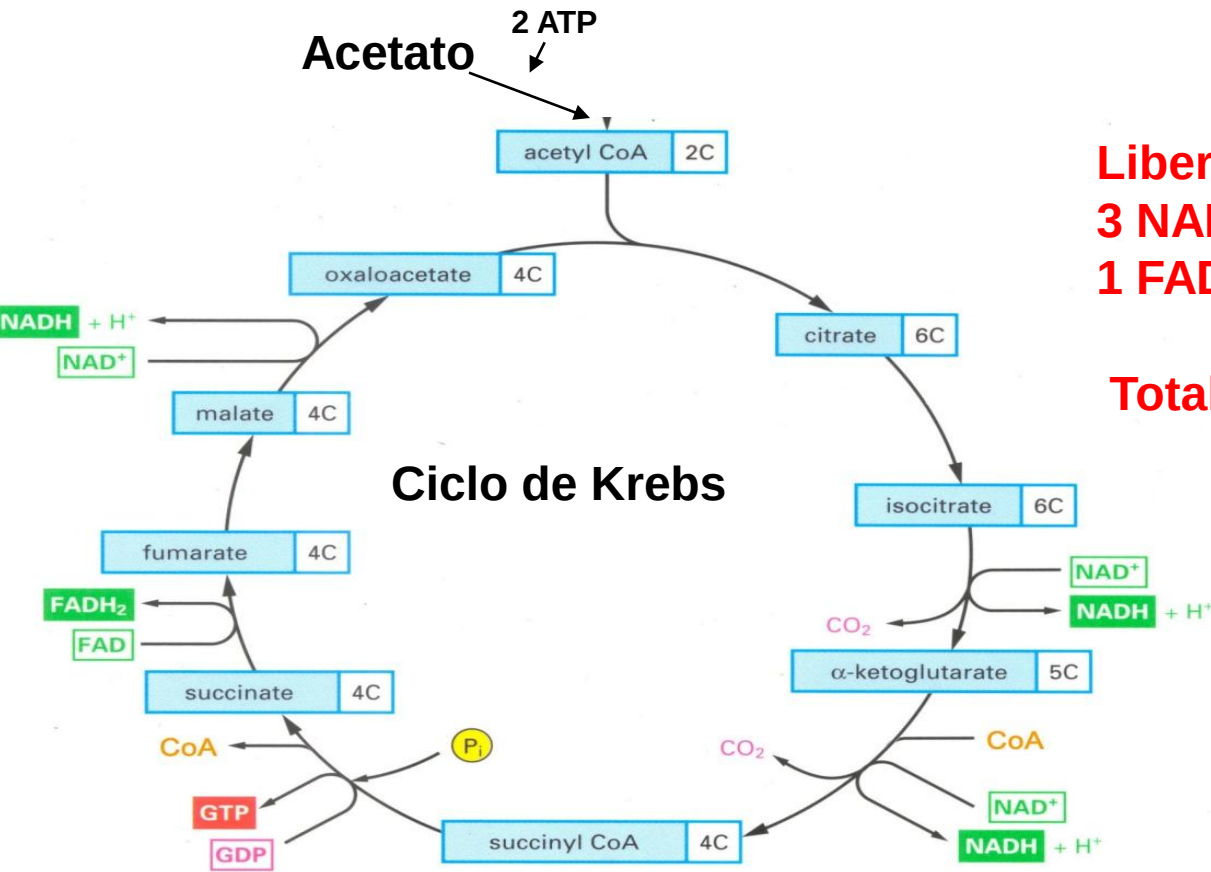


Oxidação dos AGV até CO2 e Água → liberação de ATP (energia livre)

a) Acetato

- 1 Acetato → 1 acetil-CoA
- 1 Acetil-CoA → 2 CO₂ + 1 Água (Ciclo de Krebs)

Balanço de ATP		
Gasto	Liberação	Saldo
= 2		-2
=	10	10
Total ATP/mol acetato	= 2	10
		8

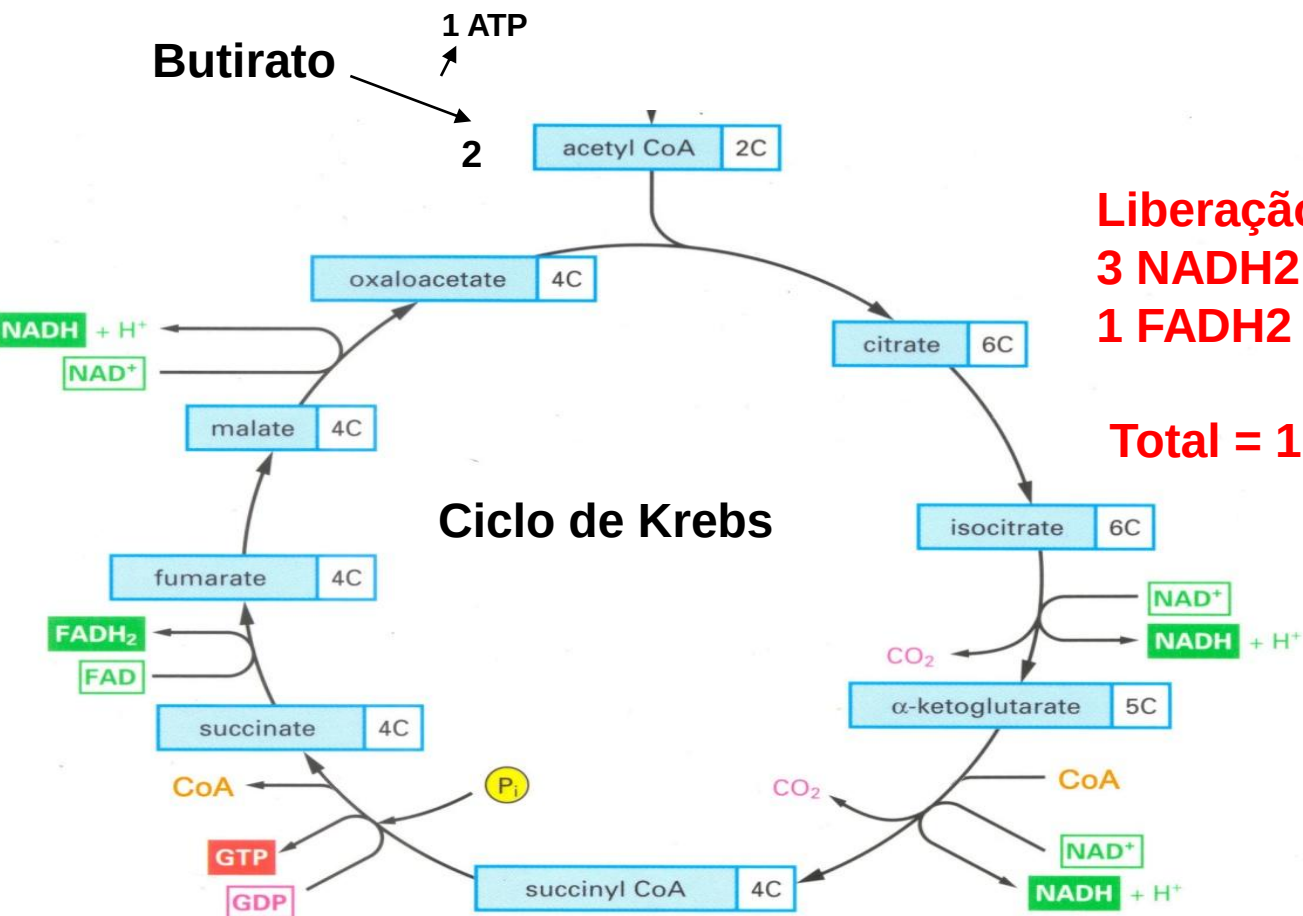


Liberação líquida:
3 NADH₂ x 2,5 ATP = 7,5 ATP
1 FADH₂ x 1,5 ATP = 1,5 ATP
1 GTP
Total = 10 ATP/mol de acetil-COA

b) Butirato

- 1 Butirato → 2 acetil-CoA (1 FADH2 + 2 NADH2 - 1 NADH2 – 4 ATP)
 - 2 Acetil-CoA → 4 CO2 + 2 Água (Ciclo de Krebs)
- Total ATP/ mol butirato

Balanço de ATP		
Gasto	Liberação	Saldo
= 6,5	6,5	0
=	20	20
= 6,5	26,5	20



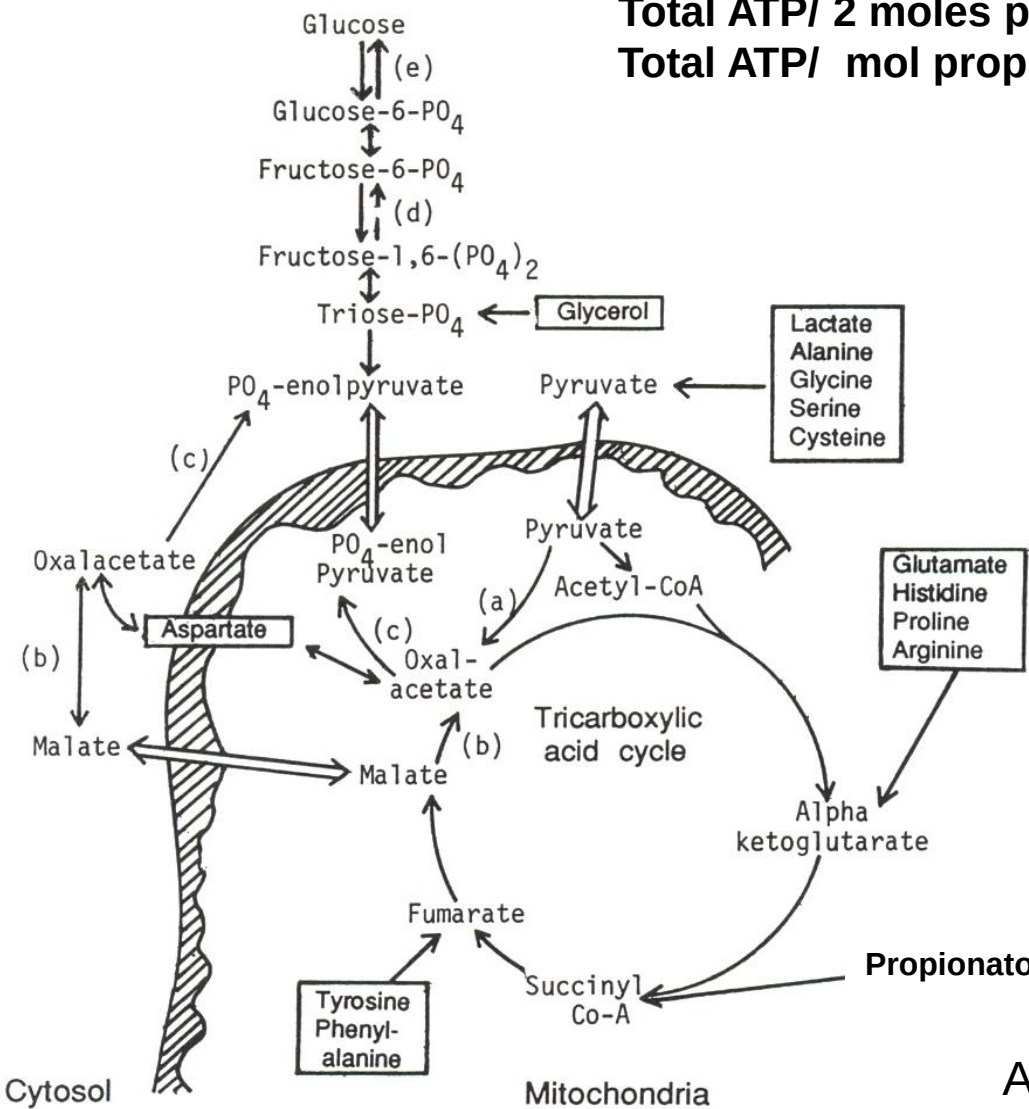
Liberação líquida:
3 NADH2 x 2,5 ATP = 7,5 ATP
1 FADH2 x 1,5 ATP = 1,5 ATP
1 GTP
Total = 10 ATP/mol de acetil-COA

c) Propionato

- 2 Propionato → 1 mol de Glicose (2 FADH2 + 2 NADH2 - 2 NADH2 - 8 ATP)
- 1 mol Glicose → 4 CO2 + 2 H2O (Ciclo de Krebs)

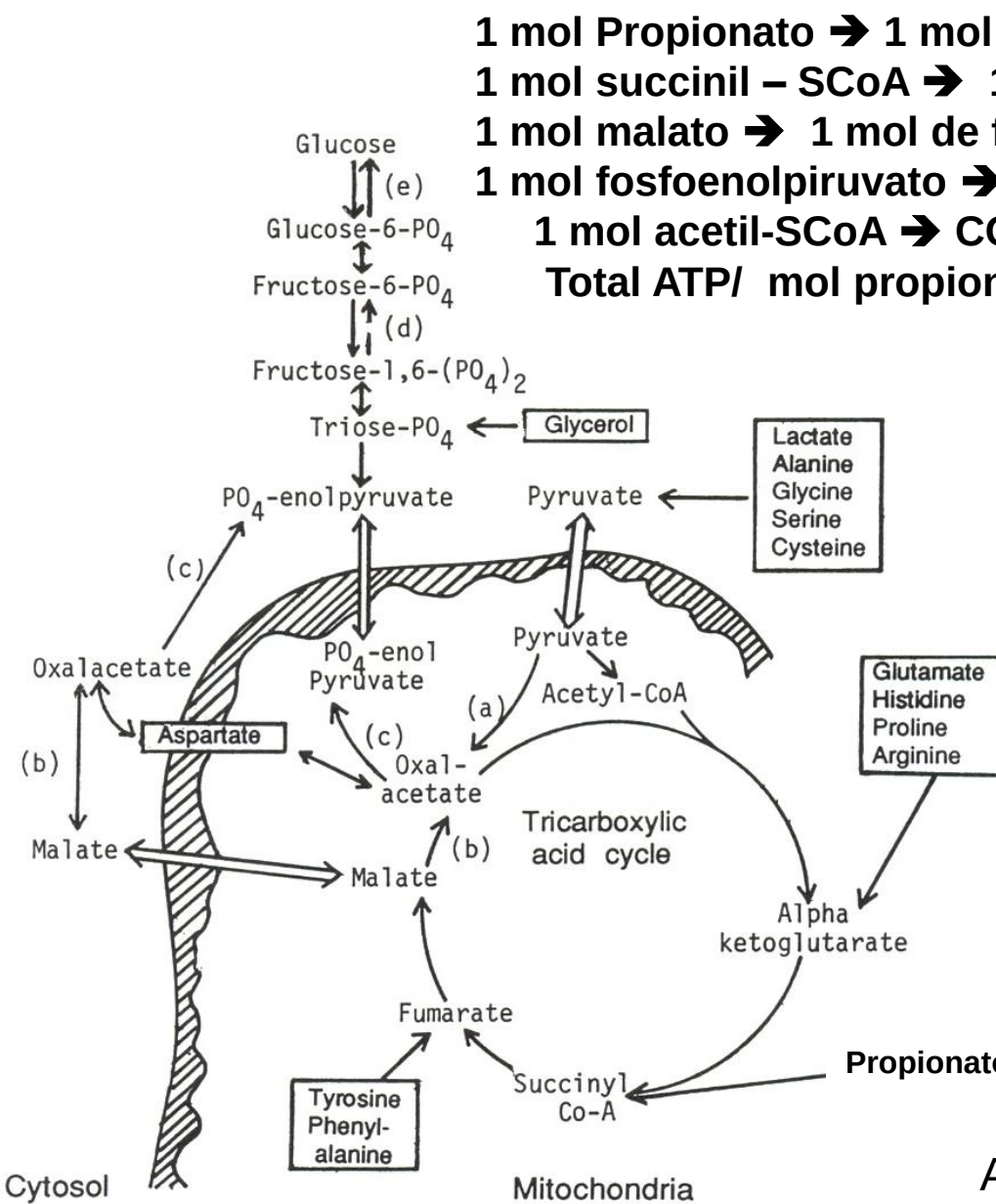
Total ATP/ 2 moles propionato
Total ATP/ mol propionato

Balanco de ATP		
Gasto	Liberao	Saldo
= 16	12	-4
= 2	34	32
= 18	46	28
= 9	23	14



Liberao lquida:
3 NADH2 x 2,5 ATP = 7,5 ATP
1 FADH2 x 2 ATP = 1,5 ATP
1 GTP
Total = 10 ATP/ mol de acetil-COA

d) Propionato



Balanco de ATP
Gasto Liberao Saldo

1 mol Propionato → 1 mol succinil – SCoA =	2,5	0	-2,5
1 mol succinil – SCoA → 1 mol de malato =	0	2,5	2,5
1 mol malato → 1 mol de fosfoenolpiruvato =	1	2,5	1,5
1 mol fosfoenolpiruvato → 1 mol acetil-SCoA =	0	3,5	3,5
1 mol acetil-SCoA → CO ₂ + H ₂ O	= 0	10	10
Total ATP/ mol propionato	= 3,5	18,5	15

Liberao liquida:
3 NADH2 x 2,5 ATP = 7,5 ATP
1 FADH2 x 2 ATP = 1,5 ATP
1 GTP
Total = 10 ATP/ mol de acetil-COA



Eficiência energética da utilização da glicose (Rúmen x Intestino Delgado)

→ RESUMO DA EFICIÊNCIA OXIDAÇÃO → LIBERAÇÃO DE ENERGIA LIVRE

Glicose absorvida no ID oxidada = 55%

Glicose degradada no rúmen ou I. grosso → acetato → oxidado = 34%

Glicose degradada no rúmen ou I. grosso → butirato → oxidado = 40%

Glicose degradada no rúmen ou I. grosso → propionato → oxidado = 58%



Eficiência energética da utilização da glicose (Rúmen x Intestino Delgado)

- Mais ou menos 28% da glicose requerida p/ uma vaca lactante alimentada com dieta alta em amido é proveniente da absorção intestinal;
- Maior capacidade de digestão do amido é ruminal;
- ID teria uma capacidade ótima em torno 1,3 kg/ dia;
- A degradação ruminal esta relacionada com um maior aporte de energia p/ microrganismos e conseqüentemente uma maior produção de PBMic;
- É desejado uma tx degradação que maximize a síntese de PBMic, não tenha um efeito depressor no pH ruminal e conseqüentemente na ingestão de MS e no desempenho dos animais.