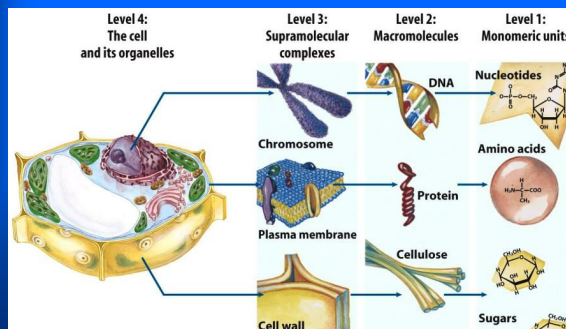


DIGESTÃO NOS MONOGÁSTRICOS

José Henrique Stringhini
 Professor de Nutrição Animal
 Departamento de Produção Animal
 Escola de Veterinária / UFG

A célula



Célula animal x vegetal

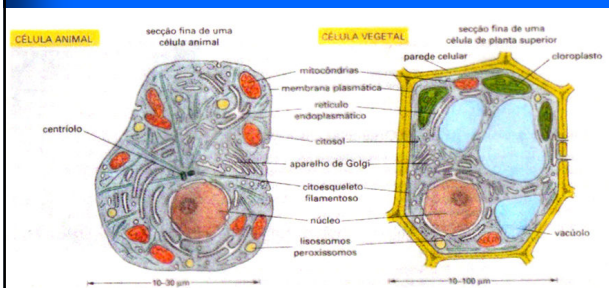
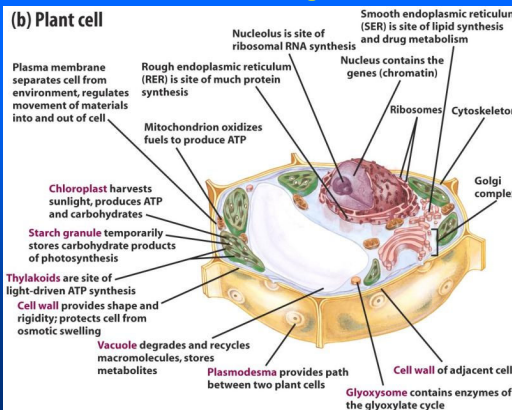


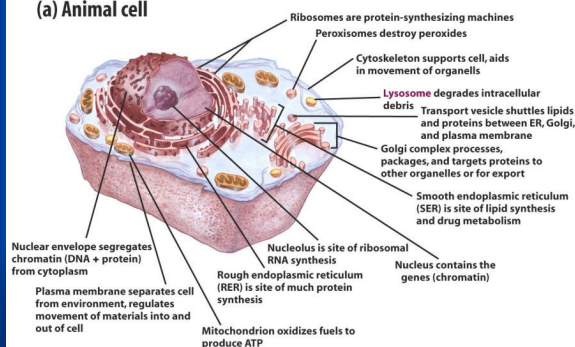
Figura: Comparação entre a célula animal e vegetal (Fonte: ALBERTS et al., 1997).

A célula vegetal

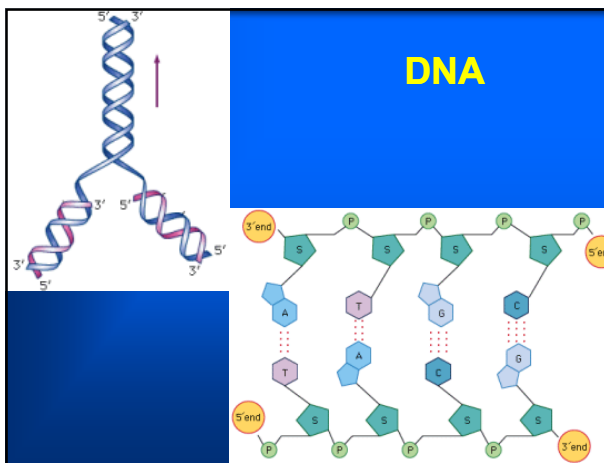


A célula animal

(a) Animal cell



DNA



Composição comparada entre animal e alimentos

	Água	Proteína	Gordura	Carboidratos	Mineral
Animais					
Suíno, 8 kg	73,0	17,0	6,0	-	3,4
Suíno, 30 kg	60,0	13,0	24,0	-	2,5
Suíno, 100 kg	49,0	12,0	36,0	-	2,6
Galinha	57,0	21,0	19,0	-	3,2
Vegetais					
Alfafa	66,4	2,6	0,9	28,7	1,4
Milho, planta	74,1	5,7	1,1	16,8	2,4
Milho, grão	14,6	8,9	3,9	71,3	1,3
Soja, grão	9,1	37,9	17,4	30,7	4,9

Principais nutrientes

Proteínas e Aminoácidos

ESSENCIAIS: Arginina, Fenilalanina, Glicina, Histidina, Hidróxi-prolina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Prolina, Treonina, Triptofano, Valina.

NÃO-ESSENCIAIS: Alanina, Ácido Aspártico, Citrulina, Cistina, Cisteína, Ácido Glutâmico, Hidróxi-prolina, Ornitina, Taurina, Tirosina.

Principais nutrientes

Carboidratos

- Amido
- Celulose
- Hemicelulose
- Lignina
- Açúcares Simples
 - Monossacarídeos - Glicose, Frutose, Manose, Galactose
 - Dissacarídeos - Sacarose, Lactose, Maltose, Celobiose

Principais nutrientes

Lipídios

- Ácidos Graxos
 - => Oleico
 - => Linoleico
 - => Linolênico
 - => Araquidônico

Principais nutrientes

Vitaminas

- Lipossolúveis - A, D, E, K
- Hidrossolúveis - Tiamina, riboflavina, Niacina, Ácido Pantotênico, Piridoxina, Ácido Fólico, Cianocobalamina (B₁₂), Colina, Biotina, Inositol, Ácido Ascórbico

Principais nutrientes

Minerais

Macroelementos => Ca, P, Mg, Na, Cl, S, K

Microelementos => Cu, I, Fe, Mn, Se, Zn, Co, Ni, V, Cr.

Principais nutrientes

Água

Ruminantes x Monogástricos

	Monogástricos	Ruminantes
Digestão	Enzimática Carboidratos → Monossacarídeos Proteínas → aminoácidos	Microbiana e enzimática Carboidratos → Ácidos graxos voláteis Proteína → NH ₃ +C-C-C
Pesquisa	Porte menor Ciclo mais curto	Desenvolvimento recente
Alimentos	Competitivo com homem	Aproveita resíduos não utilizados pelo homem

Capacidade das diferentes partes do aparelho digestório

ESPÉCIE	PARTE DO TGI	CAPACIDADE RELATIVA (%)	CAPACIDADE ABSOLUTA (l)
Bovino	Estômago	70,8	252,50
	Intestino delgado	18,5	66,00
	Ceco	2,8	9,90
	Cólon e reto	7,9	28,00
	Total	100,0	356,40

Capacidade das diferentes partes do aparelho digestório

ESPÉCIE	PARTE DO TGI	CAPACIDADE RELATIVA (%)	CAPACIDADE ABSOLUTA (l)
Ovino e caprino	Rúmen	52,9	23,40
	Retículo	4,5	2,00
	Omaso	2,0	0,90
	Abomaso	7,5	3,30
	Intestino delgado	20,4	9,00
	Ceco	2,3	1,00
	Cólon e reto	10,4	4,60
	Total	100,0	44,20

Capacidade das diferentes partes do aparelho digestório

ESPÉCIE	PARTE DO TGI	CAPACIDADE RELATIVA (%)	CAPACIDADE ABSOLUTA (l)
Eqüino	Estômago	8,5	17,96
	Int.delgado	30,2	63,82
	Ceco	15,9	33,54
	Grande cólon	38,4	81,25
	Pequeno cólon e reto	7,0	14,77
	Total	100,0	211,34

Capacidade das diferentes partes do aparelho digestório

ESPÉCIE	PARTE DO TGI	CAPACIDADE RELATIVA (%)	CAPACIDADE ABSOLUTA (L)
Suíno	Estômago	34,3	8,00
	Intestino delgado	39,4	9,20
	Ceco	6,6	1,55
	Cólon e reto	19,7	4,60
	Total	100,0	23,35

Capacidade das diferentes partes do aparelho digestório

ESPÉCIE	PARTE DO TGI	CAPACIDADE RELATIVA (%)	CAPACIDADE ABSOLUTA (l)
Aves	Papo ou inglúvio	52,72	126 g
	Moela	5,86	14 g
	Intestinos	41,42	99 g
		100,00	239 g

Comprimento do TGI, pesos relativos de órgãos de frangos de corte com menos de 40 g

	Idade de fornecimento da ração inicial (dias)		
	1-7	1-10	1-14
Comprimento do TGI (cm)	1,875	2,070	2,075
Peso relativo coração (%)	0,508	0,548	0,562
Peso relativo pâncreas (%)	0,212	0,203	0,192
Peso relativo fígado (%)	1,902	1,947	1,526
Peso relativo baço (%)	0,150	0,141	0,087
Peso relativo bursa (%)	0,127	0,124	0,219

FONTE: STRINGHINI et al. (2003)

DIGESTÃO

Processo que envolve as seguintes atividades:

- ❖ Ingestão do alimento
- ❖ Passagem do alimento pelo TGI
- ❖ Alterações físicas e químicas sofridas pelo alimento
- ❖ Absorção dos produtos da digestão
- ❖ Excreção dos resíduos não digeridos

CONCEITOS

METABOLISMO:

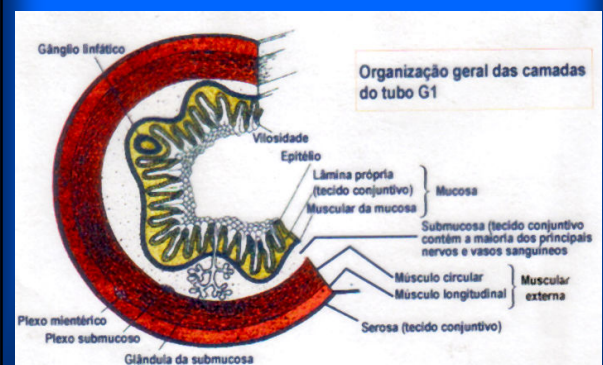
Conjunto de reações catabólicas e anabólicas que permitem o funcionamento normal das células e, conseqüentemente, da vida do animal.

ESTRUTURA GERAL

O TGI é constituído de túnicas cuja composição determina a sua função (Boleli et al., 2002):

- ❖ Mucosa
- ❖ Muscular da mucosa
- ❖ Submucosa
- ❖ Serosa

ESTRUTURA GERAL



ESTRUTURA GERAL

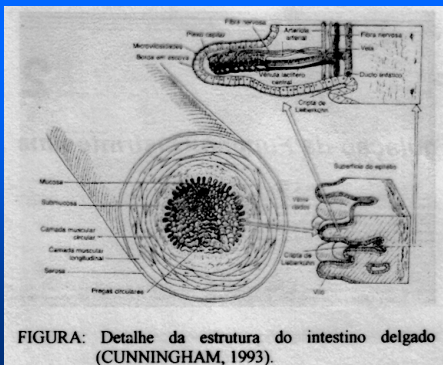


FIGURA: Detalhe da estrutura do intestino delgado (CUNNINGHAM, 1993).

ESTRUTURA GERAL

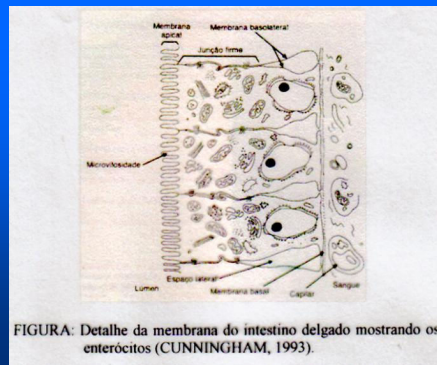
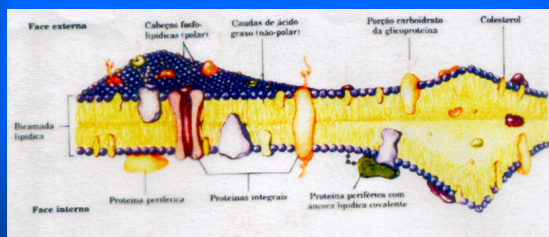


FIGURA: Detalhe da membrana do intestino delgado mostrando os enterócitos (CUNNINGHAM, 1993).

ESTRUTURA GERAL



ESTRUTURA GERAL

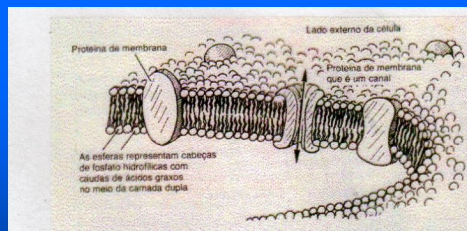
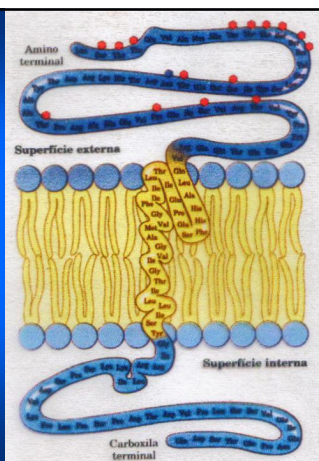
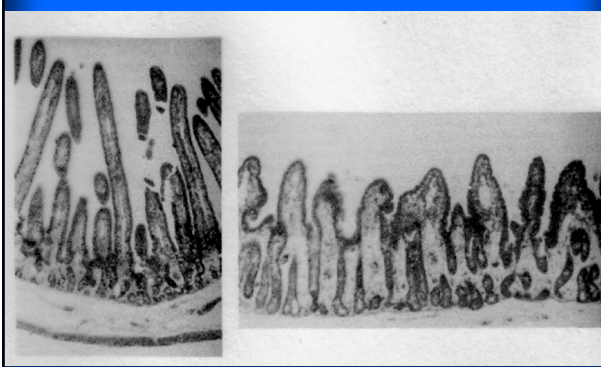


FIGURA: Membrana celular mostrando a camada bi-lipídica e as moléculas de proteína inseridas em sua estrutura (CUNNINGHAM, 1993).

ESTRUTURA GERAL



ESTRUTURA GERAL



ESTRUTURA GERAL

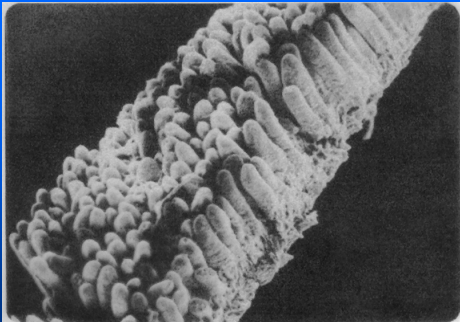


FIGURA: Fotomicrografia eletrônica de varredura de vilosidades de suínos (CHEEKE, 1991).

ESTRUTURA GERAL

BOCA

- ❖ Funções:
- ➔ Preensão (bico e dentes, ação do maxilar inferior, lábios e língua)
- ➔ Mastigação
- ➔ Salivação

ESTRUTURA GERAL

BOCA

- ❑ Funções da saliva
- ❖ Digestão inicial de amido, açúcares solúveis e ésteres
- ❖ Ação da α -amilase salivar (pouco ativa na maioria das espécies, contém eletrólitos, muco e água)

ESTRUTURA GERAL

BOCA

- ❑ Funções da saliva
- ❖ Glândulas salivares – linguais, palatinas, sub-mandibulares e maxilares.
- ❖ Efeito tampão

ESTRUTURA GERAL

ESÔFAGO

- ❖ Transporte de alimentos
- ❖ Papo ou inglúvio
- ❖ funções:
- ➔ Controle do fluxo alimentar
- ➔ umedecimento dos alimentos

ESTRUTURA GERAL

ESTÔMAGO

- ❖ Digestão química – ação de HCl e pepsina (proventrículo e estômago).
- ❖ Ação mecânica (moela) – Camada muscular e membrana coilínea

ESTRUTURA GERAL

INTESTINO DELGADO

Duodeno

- ❖ Local de neutralização do pH ácido do suco gástrico
- ❖ Desembocam no duodeno, o canal colédoco (fígado e vesícula biliar) e o duto pancreático (pâncreas).

ESTRUTURA GERAL

INTESTINO DELGADO

Duodeno

- ❖ Enteroquinase ativa o tripsinogênio e as outras enzimas pancreáticas.
- ❖ Peptidases da membrana dos enterócitos podem agir sobre tri e di-peptídeos.

ESTRUTURA GERAL

INTESTINO DELGADO

Jejuno

- ❖ Principal local de digestão e absorção dos nutrientes.
- ❖ No jejuno agem as principais enzimas digestivas.
- ❖ É a mais longa das subdivisões do intestino delgado

ESTRUTURA GERAL

INTESTINO DELGADO

Íleo

- ❖ Absorção de aminoácidos, minerais e vitaminas.
- ❖ Absorção dos sais biliares (circuito enterohepático).
- ❖ Contaminação por microorganismos do intestino grosso

ESTRUTURA GERAL

INTESTINO GROSSO

- ❖ Digestão microbiana (cecos)
- ❖ Absorção de ácidos graxos voláteis (acético, propiônico e butírico)
- ❖ A eficiência da digestão microbiana é variável em aves, mas a taxa de absorção é muito baixa.

ESTRUTURA GERAL

ESTRUTURAS DOS VILOS

- ❖ Possuem altura e forma variáveis de acordo com a porção do intestino
- ❖ A espessura das paredes aumenta do duodeno para o íleo.

ESTRUTURA GERAL

ESTRUTURAS DOS VILOS

- ❖ Contém três tipos de células:
- ❖ Caliciformes: produtoras de glicoproteínas (muco).
- ➔ Função de proteção onde aderem microrganismos intestinais e imunoglobulinas.

ESTRUTURA GERAL

ESTRUTURAS DOS VILOS

- ❖ Células enteroendócrinas (argentafins): produzem peptídeos funcionais (“hormônios”) que participam da regulação da digestão.

ESTRUTURA GERAL

ESTRUTURAS DOS VILOS

- ❖ Os **peptídeos funcionais** são :
- ➔ Gastrina
- ➔ Secretina
- ➔ Colecistoquinina
- ➔ Polipeptídeo inibidor gástrico
- ➔ Serotonina
- ➔ Monoaminas biogênicas

ESTRUTURA GERAL

ESTRUTURAS DOS VILOS

- ❖ Enterócitos:
- ➔ possuem microvilos que aumentam a superfície de digestão, absorção e secreção (“**borda em escova**” – *brush border*).

ESTRUTURA GERAL

Formação estrutural dos vilos

- ❖ **Parte superior**: extrusão celular
- ❖ **Região intermediária**: possui a maior concentração de enterócitos e células caliciformes ativas.
- ❖ **Criptas de Lieberkühn**: região de multiplicação celular

DESENVOLVIMENTO DA MUCOSA INTESTINAL

O desenvolvimento das mucosas obedece a dois eventos citológicos associados:

- ❖ **Renovação celular**: proliferação e diferenciação
- ❖ **Perda de células**: extrusão

CUSTO ENERGÉTICO

Estima-se que a manutenção do epitélio intestinal e estruturas anexas custe cerca de 20% da energia consumida pelo animal (Maiorka et al., 2001).

ENZIMAS DIGESTIVAS

- ❖ Enzimas digestoras de macromoléculas
- ❖ Enzimas presentes ligadas à membrana apical do enterócito
- ❖ Enzimas intra-enterócitos

ENZIMAS DIGESTIVAS

- ❖ Digestoras de macromoléculas- tripsina, quimiotripsina, lipases, amilase.
- ❖ São produzidas pelo pâncreas exócrino.

ENZIMAS DIGESTIVAS

- Enzimas presentes ligadas à membrana apical do enterócito:
- São proteínas e polipeptídeos ligados à membrana celular
- São principalmente as di e tripeptidases, dissacaridases, nucleases, fosfolipases.

ENZIMAS DIGESTIVAS

- ❖ Enzimas intra-enterócitos:
- ❖ Realizam o rompimento final e o início das reações metabólicas.
- ❖ Processam a ligação entre proteínas transportadoras e os respectivos substratos de transporte.

ENZIMAS DIGESTIVAS

Enzimas	Local de produção	Substrato	Produto
Boca			
Amilase salivar	Glândulas salivares	Amido	Maltose
Esterase	Células da mucosa	Triglicerídios	Mono e diglicerídios
Estômago			
Pepsina	Estômago, piloro, duodeno	Proteínas	Polipeptídeos
Esterase	Células da mucosa	Triglicerídios	Mono e diglicerídios

(Oliveira et al., 1982).

ENZIMAS DIGESTIVAS

Enzimas pancreáticas

Enzimas	Substrato	Produto
Amilase	Amido	Maltose
Lípase	Triglicerídios	Di e monoglicerídios
Tripsina Quimiotripsina Carboxipeptidase A/B	Proteínas, polipeptídeos	Peptídeos, aminoácidos
Fosfolipase	Fosfolipídios	Glicerol, ác.graxos, bases
Colesterol esterase	Ésteres de colesterol	Colesterol livre

(Oliveira et al., 1982).

ENZIMAS DIGESTIVAS

Enzimas da borda em escova

Enzimas	Substrato	Produto
Maltase	Maltose	Glicose
Sacarase	Sacarose	Glicose e frutose
Aminopeptidases	Polipeptídeos	Peptídeos
Dipeptidases	Dipeptídeos	Aminoácidos

(Oliveira et al., 1982).

ABSORÇÃO

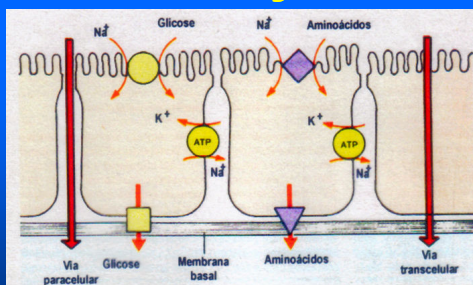
Envolve as seguintes atividades:

- ❖ Transporte do nutriente
- ❖ Alterações químicas da membrana
- ❖ Modificações do equilíbrio eletroquímico entre a camada aquosa estacionária e o citoplasma do enterócito.
- ❖ Envolvimento de proteínas e fosfolipídios da membrana apical do enterócito

ABSORÇÃO

1. Micropinocitose – gordura e vitaminas lipossolúveis
2. Difusão passiva – minerais e monossacarídios
3. Difusão facilitada - minerais e monossacarídios
4. Transporte ativo - minerais monossacarídios, aminoácidos e vitaminas hidrossolúveis

ABSORÇÃO



Processos de transporte que ocorrem nos epitélios do intestino delgado e dos túbulos renais