



Fermentação dos carboidratos

Carboidrato	Rúmen	IG
Celulose	70 – 90%	10 – 30%
Hemicelulose	60 – 90%	10 – 40%
Pectina	80 – 95%	5 – 20%
Açúcares solúveis	95 – 98%	2 – 5%
Amido	50 – 95%	5 – 50%



Absorção ruminal

- ⇒ A absorção de AGCC ocorre principalmente no rúmen
- ⇒ Também há absorção no retículo, no omaso e nos intestinos
- ⇒ A concentração de AGCC no rúmen varia, mas é muito superior à concentração no sangue (3 a 4 mmol/l).
- ⇒ A absorção ruminal pode ser passiva (sem gasto de energia) – AGCC não ionizados.
- ⇒ pH 6,5-6,8 – AGCC dissociado (ionizado)
- ⇒ Supõe-se que haja um mecanismo de troca aniônica (Cl^- ou HCO^-)

Absorção ruminal

- ⇒ A absorção de AGCC é estimulada por:
 - ⇒ Baixo pH
 - ⇒ Alta concentração de AGCC
 - ⇒ Presença de butirato (energia para o epitélio ruminal)



Digestão abomasal e intestinal

- ⇒ Parte da digesta ruminal sai em direção ao abomaso e intestino delgado
- ⇒ A digestão abomasal e intestinal dos ruminantes tem algumas peculiaridades:
 - ⇒ Fluxo quase contínuo (não pulsátil)
 - ⇒ Enzimas digestivas secretadas mais continuamente e em menor concentração (principalmente as responsáveis pela digestão de carboidratos e lipídios)
 - ⇒ CHOs que chegam ao abomaso (CHOs não degradados e CHOs microbianos – 10-30% de polissacarídeos na massa microbiana)

Digestão abomasal e intestinal

- ⇒ Peculiaridades da digestão abomasal e intestinal dos ruminantes (cont.):
 - ⇒ Não existe atividade de carboidrase no abomaso
 - ⇒ TMR_{abomaso} relativamente curto (1-2 horas)
 - ⇒ A atividade da carboidrase inicia após a digesta entrar no duodeno e se misturar com a secreção pancreática (atividade amilásica)
 - ⇒ A α-amilase pancreática hidrolisa as ligações α-1,4 glicosídicas
 - ⇒ Dietas baseadas em forragens – CHO que alcançam o ID são celulose e hemicelulose

Digestão abomasal e intestinal

- ⇒ Peculiaridades da digestão abomasal e intestinal dos ruminantes (cont.):
 - ⇒ Dietas baseadas em cereais - aumenta a atividade pancreática (mais amilase é secretada)
 - ⇒ Os ruminantes têm uma menor capacidade de digestão intestinal de amido – limitada atividade enzimática nos enterócitos e curto tempo de permanência (cerca de 3 horas)
 - ⇒ Ruminantes não secretam sacarase

Absorção intestinal

⇒ ID: a glicose é absorvida por transporte ativo (envolve a entrada de sódio)

1: proteína transportadora de Na⁺/glicose
2: Na⁺/K⁺ ATPase

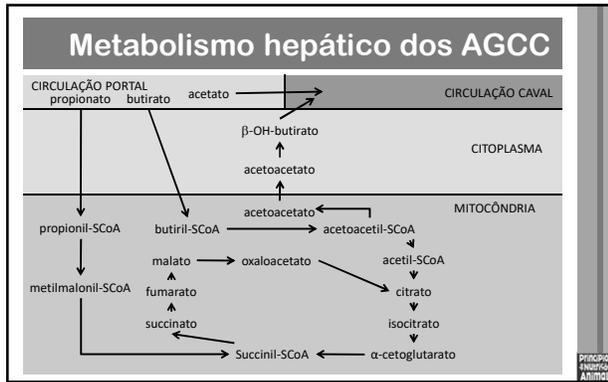
Absorção intestinal

⇒ IG: o CHO não fermentado no rúmen (fibras) pode ser no IG – absorção de formas ionizadas e não ionizadas de AGCC

Metabolismo do sistema visceral

- ⇒ Numa primeira etapa o alimento foi degradado, digerido e absorvido.
- ⇒ Uma vez solubilizado, o nutriente é transportado ao fígado pelo sistema venoso portal
- ⇒ Juntamente com outros nutrientes provenientes do sangue arterial, são processados, fornecendo uma variedade de moléculas combustíveis e de outros nutrientes para os tecidos do organismo

Metabolismo dos AGCC pelo epitélio ruminal



Metabolismo visceral dos corpos cetônicos

- Ruminantes produzem corpos cetônicos no epitélio ruminal (principalmente β -OH-butilato)
- O fígado não usa o β -OH-butilato, mas remove a maior parte do acetoacetato portal.
- O acetoacetato é convertido a β -OH-butilato, que é liberado na circulação
- Em jejum, diminui a conversão de acetoacetato em β -OH-butilato. Neste caso, acetoacetato é o CC predominante na circulação

Small text at the bottom right: PRINCÍPIOS ANIMIAIS

Metabolismo visceral da glicose

- Em ruminantes, a maior parte dos CHO é convertido a AGCC.
- O fluxo líquido de glicose através do sistema portal é normalmente negligenciável ou mesmo negativo. Apenas em condições extremas de dietas com alto teor de grãos de cereais, este balanço pode ser positivo.
- Deste modo a biossíntese de glicose é uma necessidade absoluta.

Small text at the bottom right: PRINCÍPIOS ANIMIAIS

Utilização dos AGCC

- A utilização dos AGCC nos tecidos é para:
 - Produção de energia
 - Produção de gordura e de leite
 - Garantir mínimo de 28% de FDN na dieta para não prejudicar a gordura do leite
 - Síntese de glicose (gliconeogênese) (propionato)
 - Produção de lactose, glicogênio e glicerol



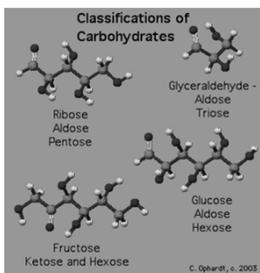
Small text at the bottom right: PRINCÍPIOS ANIMIAIS



Carboidratos nos alimentos

- CHO correspondem de 50 a mais de 80% da MS dos alimentos vegetais
- O valor nutritivo depende de sua composição e de suas ligações com compostos fenólicos

Classifications of Carbohydrates



C. Oghareh, c. 2008

Small text at the bottom right: PRINCÍPIOS ANIMIAIS

Carboidratos nos alimentos

Em nutrição animal, classificamos em dois grandes grupos:

- Carboidratos **não estruturais** - **CNE** (AMIDO, AÇÚCARES)
- Carboidratos **estruturais** - **CE** (CELULOSE, HEMICELULOSE, PECTINA)

OU

- Carboidratos **não fibrosos** - **CNF** (AMIDO, AÇÚCARES, PECTINA)
- Carboidratos **fibrosos** - **CF** (CELULOSE, HEMICELULOSE)

PRINCÍPIOS ANIMIAIS



Princípios da Nutrição Animal
ZAZ-1374

A importância dos carboidratos não fibrosos na alimentação de ruminantes

Carboidratos não fibrosos (CNF)

Os carboidratos não fibrosos podem ser divididos em:

- SOLÚVEIS EM ÁGUA
- INSOLÚVEIS EM ÁGUA

Principais carboidratos não fibrosos:

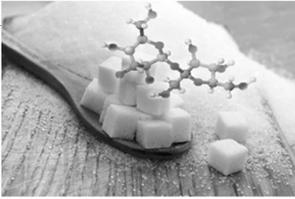
- Monossacarídeos (glicose, frutose, galactose)
- Dissacarídeos (sacarose, lactose)
- Polissacarídeos (amido)
- Pectina (CHO estrutural não fibroso)

PRINCÍPIOS ANIMIAIS

Carboidratos não fibrosos (CNF)

SACAROSE

- Dissacarídeo (glicose + frutose)
- Açúcar comum de mesa, obtido da cana-de-açúcar ou da beterraba

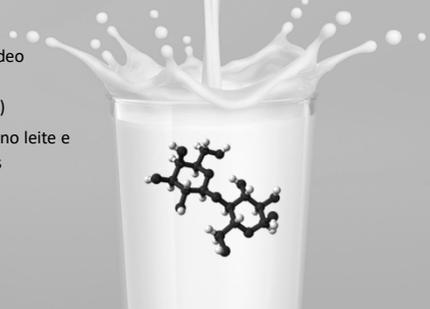


PRINCÍPIOS ANIMIAIS

Carboidratos não fibrosos (CNF)

LACTOSE

- Dissacarídeo (glicose + galactose)
- Presente no leite e derivados



PRINCÍPIOS ANIMIAIS

Carboidratos não fibrosos (CNF)

AMIDO

- Polissacarídeo (milhares de unidades de glicose)
- Carboidrato de reserva dos vegetais
- Composto por amilose e amilopectina



AMIDO⁺

grânulo de amido

PRINCÍPIOS ANIMIAIS

Carboidratos não fibrosos (CNF)

- ⇒ A produção de ruminantes no Brasil está fundamentada na utilização de pastagens
- ⇒ Nestes sistemas, a forragem deve suprir todos os nutrientes exigidos pelos animais



- ⇒ Dependendo do potencial produtivo, pode haver falta de nutrientes, devido à:
 - ⇒ composição deficiente na forragem
 - ⇒ produção insuficiente de forragem

PRINCÍPIOS
ANIMIAIS

Carboidratos não fibrosos (CNF)

- ⇒ Suplementação energética – necessidade para garantir altos níveis produtivos
- ⇒ A suplementação (grão de cereais) contém altas quantidades de carboidratos não fibrosos
- ⇒ Implicações:



- Diminuição do pH ruminal
- Diminuição na produção de enzimas celulolíticas
- Diminuição na atividade de enzimas celulolíticas

PRINCÍPIOS
ANIMIAIS

Carboidratos não fibrosos (CNF)

- ⇒ Suplementação energética – necessidade para garantir altos níveis produtivos
- ⇒ A suplementação (grão de cereais) contém altas quantidades de carboidratos não fibrosos
- ⇒ Implicações:



- Maior tamponamento (saliva)
- Aumento da atividade microbiana (celulolíticas)
- Maior fixação bacteriana às fibras

PRINCÍPIOS
ANIMIAIS

Digestão ruminal dos CNF

- ⇒ Os CNF são digeridos principalmente no **RÚMEN** (digestão microbiana)
- ⇒ Os produtos da digestão são usados para a síntese de proteína microbiana (ATP e estrutura carbônica)
- ⇒ Os produtos finais da fermentação dos CNF no rúmen são:
 - ⇒ Ácidos graxos de cadeia curta (AGCC)
 - ⇒ Dióxido de carbono (CO₂)
 - ⇒ Gás hidrogênio (H₂)
 - ⇒ Metano (CH₄)
 - ⇒ Ácido láctico

PRINCÍPIOS
ANIMIAIS

Digestão ruminal dos CNF

- ⇒ A **qualidade** e a **quantidade** dos produtos resultantes da digestão dos CNF são dependentes do **tipo** e da **atividade** dos microrganismos do rúmen e também do tipo de alimento
- ⇒ **CNCPS** – Sistema de Carboidratos e Proteínas Líquidas de Cornell – divide o ecossistema ruminal em:
 - ⇒ microrganismos que fermentam **CNF**
 - ⇒ microrganismos que fermentam **CF**
- ⇒ Esta divisão reflete nas diferenças de **utilização do N** e de **crescimento microbiano**

PRINCÍPIOS
ANIMIAIS

Digestão ruminal dos CNF (CNCPS)

Fermentadoras de CF

Ruminococcus albus
Ruminococcus flavefaciens
Fibrobacter succinogenes

Fermentam:
Hemicelulose e Celulose

Fonte de N:
Amônia
Não fermentam eficientemente
peptídeos e aminoácidos

Fermentadoras de CNF

Streptococcus bovis
Ruminobacter amylophilus
Lactobacillus sp

Fermentam:
Amido, Pectina e Açúcares

Fonte de N:
Amônia, Peptídeos
e Aminoácidos
Produzem amônia

PRINCÍPIOS
ANIMIAIS

Digestão ruminal dos CNF

- ⇒ Os CNF são rapidamente fermentados no rúmen, promovendo:
 - ⇒ Redução no pH ruminal
 - ⇒ Diminuição da atividade celulolítica
 - ⇒ Redução na proporção acetato:propionato
 - ⇒ Gordura no leite depende da produção de acetato
 - ⇒ Para garantir um teor satisfatório de gordura no leite, uma quantidade adequada de forragem (fibra) é necessária

PRINCÍPIOS
ANIMIAIS

Digestão intestinal dos CNF

- ⇒ Os CNF são fermentados quase que totalmente no rúmen
- ⇒ Uma pequena parte escapa da fermentação para serem digeridos no ID, pelas enzimas pancreáticas (amilase) e intestinais (maltase e isomaltase)
- ⇒ O escape depende do tamanho de partículas e tipo de processamento dos grãos

PRINCÍPIOS
ANIMIAIS



Princípios da Nutrição Animal
ZAZ-1374

A importância dos carboidratos fibrosos na alimentação de ruminantes

Fibras

- ⇒ **FIBRAS** – fonte de carboidratos – fonte de energia – microrganismos
- ⇒ Usadas para caracterizar alimentos e para estabelecer limites de ingredientes nas dietas.
- ⇒ Não há consenso sobre uma definição uniforme de fibra, bem como sobre a concentração de fibra ideal para a otimização do consumo de energia por bovinos



- ⇒ A fibra é essencial, já que os AGCC produzidos pela fibra durante a fermentação ruminal são as principais fontes de energia para o animal

PRINCÍPIOS
ANIMIAIS

Fibras

Definição:

“Componente estrutural das plantas, que é a parede celular, e a fração menos digerível do alimento, ou seja aquela que não é digerida por enzimas de mamíferos, além de ser componente essencial para estimular a mastigação e ruminação.” (WEISS, 1999)



PRINCÍPIOS
ANIMIAIS

Fibras

- ⇒ As **forragens** são importantes fontes de nutrientes na nutrição de ruminantes.
- ⇒ Além da proteína e energia, as forragens provêm a fibra necessária nas dietas para promover a mastigação, ruminação e saúde do rúmen.
- ⇒ Na formulação de dietas para bovinos, a qualidade e a quantidade de forragens é o primeiro fator a ser analisado no atendimento das exigências nutricionais e de fibra.
- ⇒ Os componentes concentrados são usados para complementar as contribuições nutricionais das forragens.

PRINCÍPIOS
ANIMIAIS

Fibras

- Os carboidratos são os principais constituintes das forrageiras (de 50 a 80% da MS).
- As características nutritivas dos carboidratos das forrageiras dependem:
 - dos sacarídeos que os compõem,
 - das ligações estabelecidas entre eles e
 - de outros fatores de natureza físico-química.

Amido

Celulose

PRINCÍPIOS ANIMIAIS

Carboidratos nas plantas

Reserva

- Amido
- Sacarose
- Frutanas

Conteúdo celular

- Glicose
- Frutose

Carboidratos da planta

Carboidratos não estruturais (CNE)

Carboidratos estruturais ou Parede celular

- Pectina
- Hemicelulose
- Celulose
- Lignina
- Outros

PRINCÍPIOS ANIMIAIS

Carboidratos nas plantas

Reserva

- Amido
- Sacarose
- Frutanas

Conteúdo celular

- Glicose
- Frutose

CHO estrutural não fibroso

- Pectina

Carboidratos da planta

Carboidratos não fibrosos (CNF)

Carboidratos fibrosos (CF)

- Hemicelulose
- Celulose
- Lignina
- Outros

PRINCÍPIOS ANIMIAIS

Componentes das fibras

CELULOSE

GLICOSE GLICOSE GLICOSE

- É o polissacarídeo mais abundante da natureza e principal constituinte da maioria das paredes celulares, exceto de algumas sementes, seu teor varia de 20 a 40% na MS de plantas superiores
- A celulose é formada por resíduos de D-glicopiranosos unidos por ligações beta 1,4 que formam longas cadeias lineares com alto grau de polimerização e elevado peso molecular

PRINCÍPIOS ANIMIAIS

Componentes das fibras

HEMICELULOSE

- Mistura homogênea de polissacarídeos amorfos com grau de polimerização muito inferior ao da celulose.
- Em células maduras, a hemicelulose encontram-se mais associada à lignina por ligações covalentes do que a outros polissacarídeos, tornando-se indisponíveis à solubilização.
- As espécies vegetais apresentam grandes variações de hemicelulose (10 a 25% da MS) em forragens, farelos, polpas e menores valores em grãos de cereais (2 a 12%)

PRINCÍPIOS ANIMIAIS

Componentes das fibras

LIGNINA

- A lignina constitui um polímero fenólico que se associa aos carboidratos estruturais, celulose e hemicelulose, durante o processo de formação da parede celular, alterando significativamente a digestibilidade destes carboidratos das forragens
- A digestibilidade da MS e FDN das forragens são negativamente correlacionadas com as medidas de lignina.

PRINCÍPIOS ANIMIAIS

Componentes das fibras

PECTINA

- ⇒ Carboidrato estrutural não fibroso
- ⇒ Substância amorfa parcialmente solúvel em água e completamente solúvel em detergente neutro
- ⇒ Os principais componentes da pectina são ácidos urônicos (galacturônico), glicose, xilose e arabinose
- ⇒ Ligadas por ligações covalentes à celulose e à hemicelulose
- ⇒ Não ligada à lignina (mesmo em plantas maduras)
- ⇒ A taxa e a extensão da degradação são semelhantes às dos CNE, mas aumenta a produção de acetato

PRINCÍPIOS ANIMIAIS

Componentes das fibras

OUTROS

- ⇒ **Silica, cutinas e taninos** estão presentes na parede celular, associados ou não a polissacarídeos estruturais.
- ⇒ Também existem **proteínas** que são encontradas na fibra dos alimentos. Estas se dividem em três grandes grupos:
 - ⇒ as **extensinas** (função estrutural),
 - ⇒ as ricas em **glicinas** (associadas à lignificação) e ainda,
 - ⇒ as ricas em **prolina** (atuantes na formação dos nódulos radiculares das leguminosas).
- ⇒ Parte dessas proteínas são solubilizadas na determinação da fibra, outra permanece como constituinte da mesma

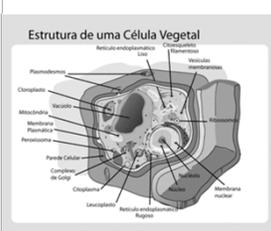
PRINCÍPIOS ANIMIAIS

Métodos de avaliação das fibras

	FB ácido	FB básico	FDN	FDA
amidos				
açúcares				
pectina	pe			pectina
hemicelulose	hemicel		hemicelulose	
celulose	celulose	celulose	celulose	celulose
lignina	lignina	lign	lignina	lignina
proteínas	proteínas			

PRINCÍPIOS ANIMIAIS

Fibras



- ⇒ A fibra, portanto, não é uma substância química específica
- ⇒ Constitui uma denominação geral aplicada a diversos materiais compostos de C, H e O, especialmente a celulose, a hemicelulose e a lignina, organizadas para formar as paredes celulares dos vegetais.

PRINCÍPIOS ANIMIAIS



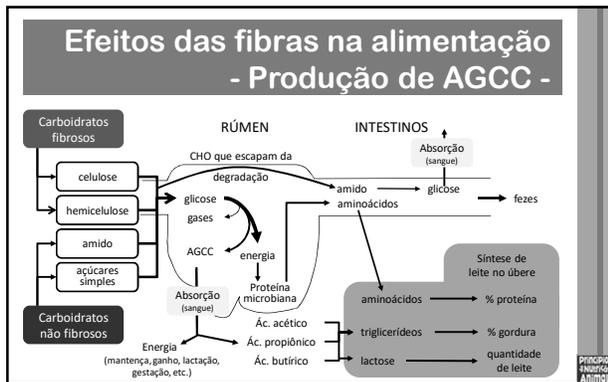
Princípios da Nutrição Animal
ZAZ-1374

Efeito da fibra na alimentação

Efeitos das fibras na alimentação - Produção de AGCC -

- ⇒ A proporção geralmente é influenciada pela dieta e o estado da população metanogênica do rúmen.
- ⇒ A população metanogênica é razoavelmente estável entre dietas com variáveis proporções de forragem (fibra) e concentrado
- ⇒ Porém, as proporções ruminais de AGCC são amplamente dependentes do pH
- ⇒ À medida que celulose e hemicelulose aumentam em relação aos carboidratos solúveis e amido, a relação acetato:propionato também tende a aumentar

PRINCÍPIOS ANIMIAIS

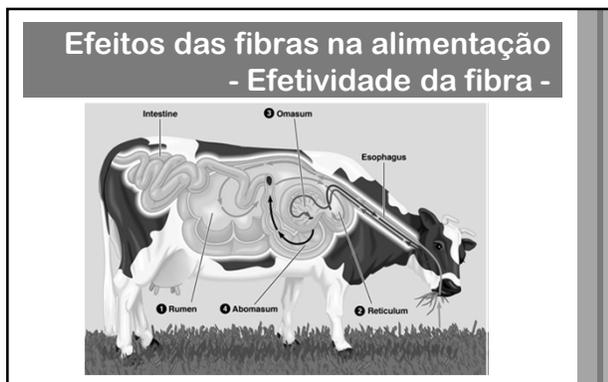


Efeitos das fibras na alimentação - Efetividade da fibra -

Uma das principais características dos carboidratos, principalmente relacionada aos de forragens é a **efetividade** em promover a atividade física motora do trato gastrointestinal.

- Seletivamente as vacas retêm fibra no rúmen por um tempo adequado de digestão, ingerindo partículas grandes enquanto comem.
- Estas partículas grandes formam um *mat* flutuante no rúmen e dão o "incentivo" de arranhão que estimula a atividade de **ruminação**

PRINCÍPIOS ANIMIAIS



Efeitos das fibras na alimentação - Efetividade da fibra -

Depois de vários ciclos de ruminação ou de mastigação, as partículas fibrosas são reduzidas a um tamanho tal que podem escapar do rúmen.

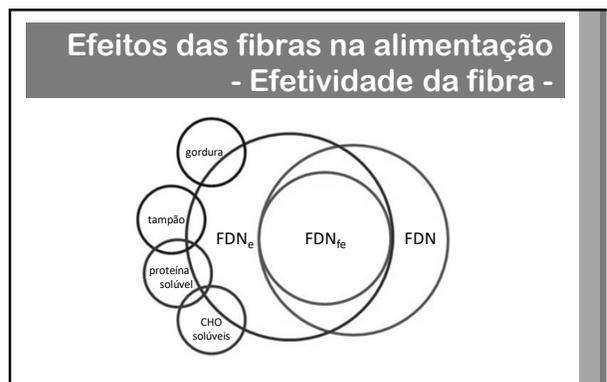
- Entretanto, quando vacas são alimentadas com dietas contendo um baixo teor de fibra, pode haver muito pouca fibra efetiva para promover ótima fermentação ruminal e produção.
- Desta maneira, as relações ideais para forragem:concentrado para vacas leiteiras está entre 40:60 e 60:40.

PRINCÍPIOS ANIMIAIS

Efeitos das fibras na alimentação - Efetividade da fibra -

- Fibra efetiva (FDN_e)** – fibra capaz de efetivamente manter a **saúde** do animal (ambiente ruminal) e a produção de teor de **gordura no leite**
- Fibra fisicamente efetiva (FDN_{fe})** – fração do alimento (fibras) que estimulam as atividades de **mastigação e ruminação**

PRINCÍPIOS ANIMIAIS



Efeitos das fibras na alimentação - Efetividade da fibra -

- ⇒ FDN_e e principalmente FDN₆₀ são indicadores da efetividade da fibra e pode prevenir distúrbios metabólicos mais graves
- ⇒ Embora a gordura no leite seja um indicador de dietas inadequadas, casos de laminite podem ocorrer antes do teor de gordura ser alterado

PRINCÍPIOS
ANATOMIA
ANIMAL

Efeitos das fibras na alimentação - Efetividade da fibra -

ACIDOSE LÁCTICA

- ⇒ Causada pela **ingestão súbita** de grãos ou outros alimentos altamente **fermentáveis** em grandes quantidades ou ainda pela baixa ingestão de **fibras**



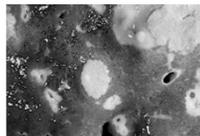
- ⇒ Perda do apetite, depressão e **morte**
- ⇒ É também conhecida por sobrecarga ruminal, indigestão aguda, impactação aguda do rúmen ou indigestão por carboidratos

PRINCÍPIOS
ANATOMIA
ANIMAL

Efeitos das fibras na alimentação - Efetividade da fibra -

RUMENITE

- ⇒ Decorrente da acidose láctica
- ⇒ Devido à alta acidez do conteúdo ruminal, que causa lesões à mucosa, possibilitando a invasão de bactérias, que pela circulação atingem o fígado, onde formam abscessos.



Abscessos no fígado em decorrência de quadro severo de acidose

PRINCÍPIOS
ANATOMIA
ANIMAL

Efeitos das fibras na alimentação - Efetividade da fibra -

LAMINITE

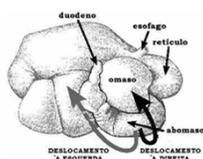
- ⇒ Decorrente da acidose láctica
- ⇒ Processo inflamatório agudo das estruturas sensíveis da parede do casco que resulta em claudicação e deformidade permanente do casco
- ⇒ Há outras condições, como fatores genéticos, excesso de umidade, falta de exercício, toxemias

PRINCÍPIOS
ANATOMIA
ANIMAL

Efeitos das fibras na alimentação - Efetividade da fibra -

DESLOCAMENTO DE ABOMASO

- ⇒ Cerca de 80% dos deslocamentos são à esquerda e 20% à direita
- ⇒ Podem ser causados por:
 - ⇒ Hipomotilidade abomasal devida ao elevado teor de AGCC ou hipocalcemia
 - ⇒ Acúmulo de gases abomasais
 - ⇒ Prenhez avançada (estiramento dos ligamentos omento-abomasais)

PRINCÍPIOS
ANATOMIA
ANIMAL

Digestibilidade da fibra

- ⇒ Digestibilidade – proporção da fibra ingerida que não é excretada nas fezes
- ⇒ Fibra indigestível e fibra potencialmente digestível
- ⇒ Vários fatores afetam a digestão da fibra:
 - ⇒ Qualidade da fibra
 - ⇒ Nível de consumo
 - ⇒ Tempo de retenção no rúmen
 - ⇒ Consumo e taxa de fermentação dos CNF
 - ⇒ pH ruminal

PRINCÍPIOS
ANATOMIA
ANIMAL



Consumo de fibra

- ⇒ Dieta altamente energética (pouca fibra) – consumo regulado pela demanda energética do animal
- ⇒ Dieta de baixa densidade energética (muita fibra) – consumo regulado pelo enchimento do rúmen
- ⇒ Se a disponibilidade de alimento é limitada – impossível prever o mecanismo de consumo
- ⇒ Importância na predição do consumo: formulação de dietas

Efeitos no consumo

- ⇒ As fibras para ruminantes podem ser provenientes de:
 - ⇒ Fibras de forrageiras
 - ⇒ Fibras de não forrageiras (FNF)
- ⇒ Alimentos ricos em fibras normalmente diminuem o consumo, pois são de baixa digestibilidade
- ⇒ Algumas FNF podem fornecer fibra sem afetar muito o consumo, como o caroço de algodão

