



O que fazer para substituir os insumos que podem migrar para a produção de bio-combustível

What we can do to replace the inputs that can migrate to the bio-fuel production

Antônio Mário Penz Júnior & Mario Gianfelice

INTRODUÇÃO

Com o aumento do preço do petróleo e com todas as discussões relacionadas à poluição gerada pelo seu uso, outras fontes de energia, de preferência renováveis, começaram a ser avaliadas.

Nesta área, é importante destacar o Brasil, que desde a década de setenta já dispunha de tecnologia para o uso de álcool como combustível. Na época, o apelo da poluição começava a se apresentar, mas todo o projeto nacional ficou comprometido pelo preço da fonte energética convencional (o petróleo) que estava alto e voltou a cair no mercado internacional. Entretanto, nos últimos anos, novos estudos em busca de alternativas energéticas têm sido desenvolvidos, tendo em vista o contínuo aumento do preço do petróleo, os seus riscos quanto à poluição e, quem sabe mais importante de tudo, os conflitos políticos dos principais usuários com os seus principais fornecedores. Este assunto, mais econômico em um primeiro momento, passou a ser um tema fundamentalmente político e indispensável quanto à estratégia energética a ser adotada nos anos futuros.

Com este novo cenário, parte da produção agrícola voltou a ser dirigida à produção de álcool, através de várias fontes como a cana de açúcar, o milho e os cereais de inverno. Também, através da agricultura, começou a ser viabilizada a produção de biodiesel, tendo como fonte o óleo e os subprodutos de várias espécies vegetais (soja, mamona, girassol, etc.) bem como as gorduras de origem animal, como o óleo de frango, o sebo bovino e a banha suína.

Pelos indicadores internacionais, o crescimento da produção de etanol e de biodiesel é irreversível. Sendo este o caso, dois fatos novos surgem na área da produção animal. Primeiro, os consumidores de energia à base de álcool e biodiesel competirão, diretamente, com os animais pelas mesmas fontes energéticas. Segundo, a produção de etanol e biodiesel gerarão resíduos que deverão ser empregados em vários processos, entre eles na alimentação animal. Como resíduos da produção do etanol destacam-se o bagaço de cana e o DDGS (dried distillers grain with solubles) e do biodiesel, o glicerol.

Estes acontecimentos já estão impondo mudanças nos critérios empregados nas formulações dos animais, em especial dos monogástricos. É importante lembrar que nas últimas décadas estes animais foram selecionados para obter um maior ganho de peso ou produção de ovos com a melhor conversão alimentar, ou seja, comer pouco e produzir muito. Nos programas de seleção, normalmente as dietas eram e continuam sendo densas, ou seja, ricas em energia e nos principais nutrientes. Com o aumento do custo da energia, que está sendo causado pela competição com a produção de combustível, as dietas estão ficando mais caras. Isto está ocorrendo, pois, normalmente, a energia é o componente nutricional mais caro das dietas. Assim, se não há espaço no custo de produção para aumentar os custos das dietas, a única saída é reduzir seus níveis em energia. Entretanto, retirar energia das dietas, usando a mesma base genética, proporciona, inevitavelmente, uma perda de resultados zootécnicos. Assim, o dilema que fica é continuar fazendo dietas mais caras para não comprometer o desempenho zootécnico das aves ou fazê-las mais baratas, comprometendo este desempenho? O que é mais econômico? Certamente, esta adequa-

ção a nova realidade não acontecerá imediatamente através da genética, pois qualquer alteração na base de seleção, dependendo da espécie e do propósito, poderá demorar qualquer período acima de cinco anos.

Portanto, a consequência imediata deste novo momento é que estamos vivendo uma situação antes não imaginada e que nos obrigará, como nutricionistas ou especialistas em produção animal, a sermos mais criativos, mais focados em resultado econômico, esquecendo alguns dos paradigmas do passado, dando espaço para novos paradigmas técnicos.

I - DISPONIBILIDADE DE GRÃO NO MUNDO

No presente momento, o estoque mundial de grãos atingiu o menor nível, nos últimos 30 anos. Como pode ser visto na Figura 1, crise similar ocorreu na década de oitenta e agora se repete e persiste nestes últimos anos. É importante lembrar que na crise dos anos oitenta, exceto a cana de açúcar, que já vinha sendo usada para a produção de etanol, outras culturas não eram empregadas industrialmente para este fim. Ou seja, naquela época ainda não havia a concorrência pelos grãos, empregados na alimentação, para a produção de etanol. O panorama da crise era outro. Naquela época era a crise da produção e hoje os estoques estão baixando pelo aumento do consumo dos grãos como alimento e o aumento do uso deles para fins não alimentícios [20]. Para confirmar esta afirmação, na China nos últimos 10 anos a produção de grãos aumentou em aproximadamente 9% e o consumo aumentou, aproximadamente, 30% [20]. Esta situação poderia ser minimizada se a produção mundial de grãos aumentasse, pelo aumento da área produzida ou pela produtividade alcançada. Entretanto, as estatísticas mostram que nos últimos 20 anos isto não tem acontecido [18]. Os EUA têm mantido uma produção maior do que o consumo, mas isto, por exemplo, não tem ocorrido na China [18].

Outro aspecto que deve ser considerado é que deste estoque mundial de grãos, mais da metade é de

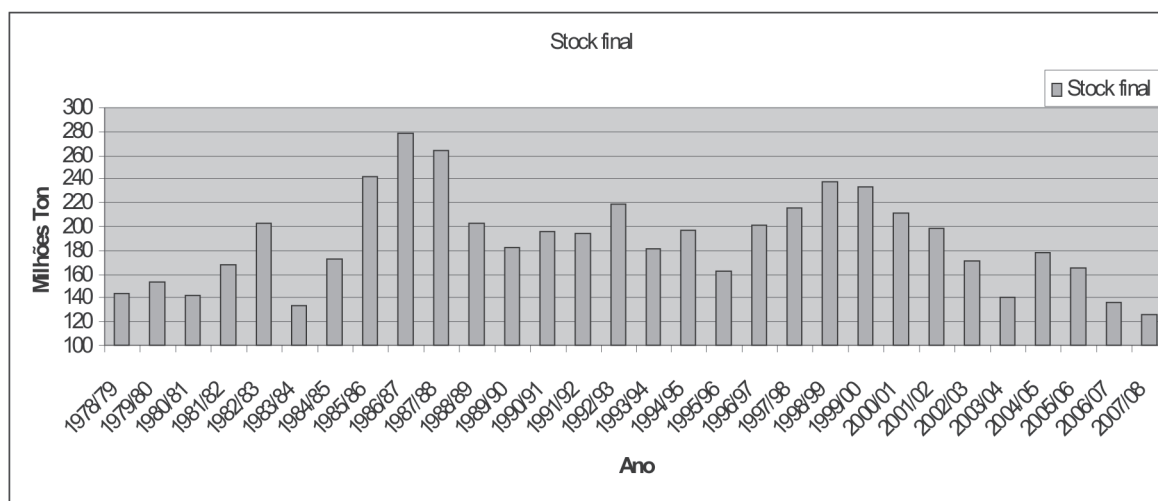


Figura 1. Estoque mundial de grãos.
Fonte: [20].

milho e encontra-se nos EUA e na China [18]. Esta informação não só estabelece o risco de que os estoques continuem baixando, mas, mais do que isto, que também não há uma distribuição lógica destes grãos no mundo, situação similar àquela das fontes fósseis de energia e que também terá todos os problemas de logística de distribuição [18].

Assim, neste momento é importante dizer que a redução de estoque é grave, mas, associada a complexidade de distribuição, torna o cenário mais complexo para países distantes das fontes de produção. No futuro, em alguns países poderá ocorrer a falta eventual de abastecimento do produto, por dificuldade de transporte. II - O uso do milho para a produção de etanol

II - O USO DO MILHO PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL

O milho tem sido empregado em alguns países, em especial nos EUA, para a produção de etanol. Entretanto, entre todas as alternativas disponíveis, a cana de açúcar é pelo menos duas vezes mais eficiente na produção de etanol (litros/ha), do que o milho [7]. O que leva os EUA a empregar o milho como insumo para a produção de etanol é a não disponibilidade em volumes significativos de outras fontes importantes para a produção de etanol, como a cana de açúcar e a beterraba. Este tema sempre será tratado de forma controversa, pois os EUA dispõem de milho, mas a humanidade, em outras condições, carece da sua disponibilidade. Na Tabela 1 pode ser visto como a produção e o consumo do milho têm se comportado no mundo e nos EUA [20]. Nestes últimos anos, nos EUA a produção de milho aumentou 30,5% e o consumo aumentou 22,9%, o que possibilitou um aumento real de estoque do cereal (66,6%). Já no resto do mundo, a produção aumentou 17,2% e o consumo aumentou 15,8%. Como o estoque já estava baixo, este pequeno aumento da produção não permitiu que os países terminassem com uma relação entre consumo e estoque positiva (-7,9%). Evidentemente, que o estoque final de milho em 2007 não foi de somente 2.887 milhões de toneladas porque estoques residuais, de ano para ano, foram sendo considerados. De acordo com o USDA [20], o ano de 2007 terminou com um estoque mundial de milho na ordem de 109.060 milhões de toneladas, sendo que 42% deste total estavam nos EUA. Países como China, Brasil e México tiveram seus estoques de milho reduzidos nestes últimos anos. Como a China e o Brasil não produzem etanol a partir do milho, as reduções de estoque podem ser explicadas pelo aumento do consumo humano (China) e pelo aumento do consumo pelos animais e pelas exportações (Brasil), tendo em vista que estes dois países não tiveram perda de produção nos últimos anos. Ao contrário, suas produções aumentaram.

Tabela 1. Produção, consumo e estoque de milho no mundo e nos EUA (milhões/ton.).Produção, consumo e estoque de milho no mundo e nos EUA (milhões/ton.).

Produção			
	2003/2004	2007/2008	Diferença (%)
EUA	256.278	334.476	30,5
Outros	370.967	434.837	17,2
Total	627.245	769.313	22,4
Consumo			
EUA	211.644	260.108	22,9
Outros	437.237	506.318	15,8
Total	648.881	766.426	18,1
Estoque			
EUA	44.634	74.368	66,6
Outros	- 66.270	- 71.481	- 7,9
Total	- 21.636	2.887	

Adaptado de [20].

Entre 2000 e 2006 a produção mundial de etanol teve um aumento de aproximadamente 75%. Isto ocorreu pela produção americana, que mais que dobrou, e a brasileira, que teve um aumento de aproximadamente 70% (Tabela 2). No ano de 2007 estes números continuaram a aumentar. Claro que este aumento da produção de etanol americana forçou a redução de abastecimento de milho para o mundo e também um aumento de preço deste insumo [6]. Entretanto, as informações provenientes do USDA [21] sugerem que esta redução não continuará ocorrendo, permanecendo as exportações estáveis nos próximos anos em decorrência do aumento da produção de milho previsto para o mesmo período. Este aumento da produção ocorrerá pelo aumento da área de plantio, em detrimento da área de plantio da soja [21].

Tabela 2. Produção mundial de etanol (bilhões de litros).

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
EUA	7,6	8,1	9,6	12,1	14,3	16,2	19,8
Brasil	10,6	11,5	12,6	14,7	14,7	16,1	17,8
Mundo	29,4	31,3	34,1	39	40,7	44,3	51,3

Adaptado de [6].

Na Figura 2, confirmando os dados da Tabela 2, é possível verificar o aumento da produção de etanol ocorrida nos EUA nos últimos 25 anos, com uma projeção interessante para o aumento de produção até 2010/2011 [21]. Entretanto, este fenômeno de aumento da produção de etanol nos EUA ocorreu nos últimos anos, coincidindo com a administração Bush (2000/2008). Para que esta produção de etanol atinja os aproximadamente 11 bilhões de galões em 2010/2011, em torno de 30% da produção total de milho daquele país deverá ficar comprometida para este fim [21]. Estas estimativas são bastante consistentes, inclusive consideradas por alguns como conservadoras, pois em meados de 2007 existiam, nos EUA, 128 unidades de produção de etanol e outras 85 unidades estavam em construção [19]. Este aumento do parque industrial forçará um aumento de demanda do milho para fins de produção de etanol.

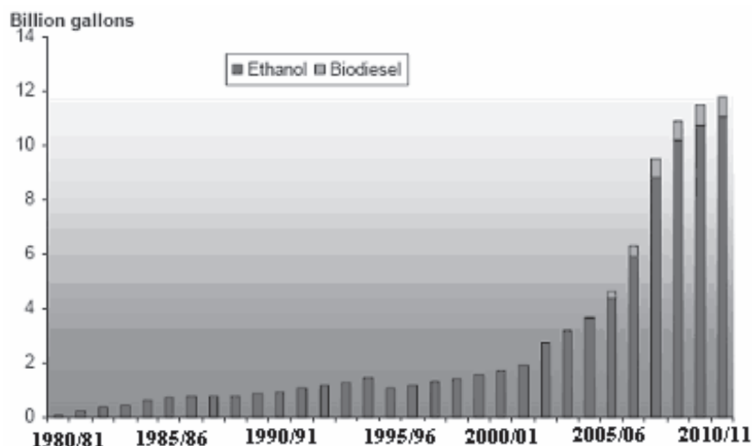


Figura 2. Produção de biocombustíveis nos EUA.

Fonte: [21].

Com todas estas alterações no mercado de grãos e de oleaginosas, que têm seus preços internacionais aumentados, o mesmo não tem acontecido com o mercado da carne. A demanda tem aumentado, mas os preços de venda não têm avançado na mesma proporção dos preços dos insumos. Neste caso, os países produtores e exportadores deverão continuar aumentando a eficiência de produção, para compensar esta não concordância entre os preços dos insumos e preço do produto final.

III - O USO DA SOJA PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Com o aumento da demanda de milho para a produção de etanol, nos EUA, a cultura mais prejudicada foi a da soja. No ano de 2006, a produção desta oleaginosa foi de 87 milhões de toneladas e este valor, em um ano (2007) caiu para 70 milhões de toneladas, ou seja, uma redução de aproximadamente 20%. Neste mesmo período, Brasil, Argentina, Paraguai, China e Índia aumentaram suas produções de soja. Entretanto, este aumento não foi suficiente para compensar a diminuição americana. Entre 2006 e 2007 a produção mundial caiu de 235 para 220 milhões de toneladas (redução de 6%). Isto confirma que outros países também diminuíram suas produções de soja, buscando uma maior produção de milho [22].

Quando se trata de consumo de grãos e oleaginosas, o fenômeno China sempre deve ser considerado. Como foi comentado anteriormente, na China a produção de soja tem aumentado nos últimos anos. Entretanto, no período de 2003 a 2007, a importação desta oleaginosa aumentou em aproximadamente 212%, sendo responsável por 80% do incremento das importações mundiais [22].

A produção mundial de farelo de soja, no ano de 2007 foi de aproximadamente 162 milhões, e em 2003 de aproximadamente 129 milhões. Este aumento na produção de aproximadamente 26% demonstra um aumento no consumo do óleo, para a alimentação humana e animal, e no consumo do farelo para a produção animal tecnificada. Neste período, outra vez a China liderou a alteração do cenário internacional, onde foi responsável pelo aumento do consumo de farelo em 34%. Este valor não coincidiu com aquele da importação do grão, que foi maior (80%), porque os chineses preferem importar o grão, pois necessitam dele e de seu óleo para a alimentação humana [22].

Toda esta alteração do cenário do uso da soja, com finalidade para a alimentação humana e animal, também deve ser avaliada no contexto do uso parcial do óleo de soja como fonte produtora de biodiesel. De acordo com o que pode ser visto na Figura 3, nos últimos anos a produção de biodiesel vem aumentando, o que força a procura de soja para um fim antes pouco considerado.

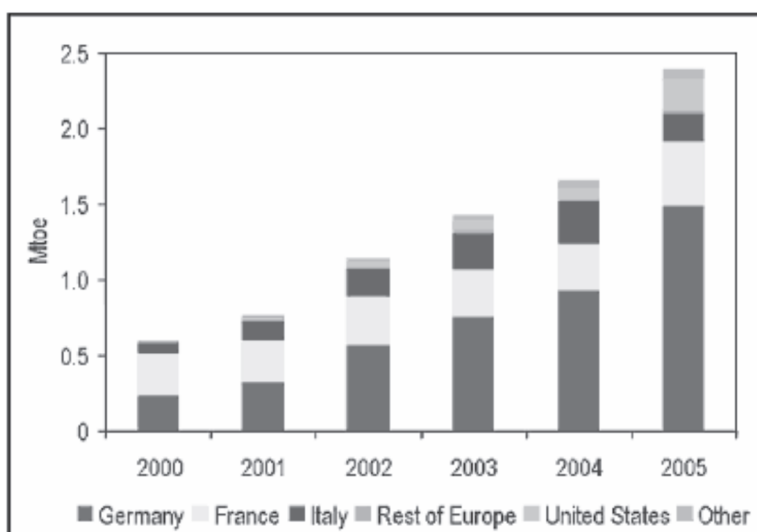


Figura 3. Produção mundial de biodiesel.
Fonte: [6].

IV - USO DOS RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE ETANOL E DE BIODIESEL

1 - DDGS

Quando cereais são empregados na produção de etanol, o principal resíduo deste procedimento de transformação dos grãos é o DDGS (distiller's dried grains with solubles). A sua produção corresponde a aproximadamente 30% do cereal empregado. Assim, com o aumento mundial da produção de etanol a partir dos cereais, especialmente do milho e nos EUA, a oferta de DDGS aumentará proporcionalmente ao uso dos cereais. O DDGS tem um valor regular de energia, similar ao farelo de soja, e de proteína, tendo como limitante os aminoácidos triptofano, arginina e lisina. Entretanto, dependendo da tecnologia empregada para a obtenção do etanol (plantas "antigas" x plantas "modernas") a qualidade do DDGS pode ser bastante variada. Os autores consideram plantas "antigas" aquelas que usam o milho para a produção de refrescos e plantas "modernas" aquelas que usam o milho para a produção de etanol. Alguns autores [16] compararam a variabilidade da composição e da digestibilidade de nutrientes de DDGS provenientes de 10 plantas "modernas" de Minnesota, EUA (oito plantas) e Dakota do Sul, EUA (duas plantas) com a composição de DDGS publicada pelo NRC [10] e com a composição de DDGS provenientes de plantas "antigas". Os autores identificaram que o DDGS proveniente de plantas "modernas" apresentava mais energia, fósforo, lisina, metionina e treonina do que os DDGS provenientes de plantas "antigas". Considerando todas as amostras, a lisina total variou de 0,72 a 1,02%, com um coeficiente de variação de 17,3%. Nas amostras, a metionina

variou entre 0,49 e 0,69%, com um coeficiente de variação de 13,6%. Shurson [2] indicou que a disponibilidade do fósforo do DDGS, proveniente de plantas “modernas”, é 90%, superior ao que está publicado no NRC [10] (77%) e ao valor do milho NRC [10] (14%). Alguns autores sugerem que haja uma correlação da qualidade do DDGS com a sua cor. Trabalhando com suínos e avaliando várias amostras de DDGS, alguns autores [12] encontraram uma correlação de somente 0,43 e 0,44 da cor com relação à ED e a EM. Em outro estudo, também com suínos, foi verificado que a digestibilidade aparente para aminoácidos essenciais e para lisina foram 15 e 10% menores, respectivamente, para amostras mais escuras, quando comparadas com aquelas mais claras [4].

Também, um aspecto importante na avaliação de DDGS é a sua composição em macro e microelementos. Teoricamente, como o DDGS corresponde em aproximadamente 1/3 do valor total do milho, onde os outros 2/3 são transformados em etanol e dióxido de carbono, as concentrações de minerais deveriam ser aproximadamente três vezes àquelas do grão de milho. Entretanto, alguns autores [1] analisando 12 amostras de DDGS, não encontraram esta proporção esperada especialmente para sódio, cálcio e enxofre. Para as variações dos valores de cálcio não encontraram uma justificativa. Já para os valores de sódio, eles concluíram que só podem variar mediante alguma contaminação do processo de produção do etanol. Os autores também observaram variações significativas entre as amostras para manganês, ferro, cobre e alumínio.

Segundo o NRC [10], os valores de ED e EM do DDGS para suínos são respectivamente, 3441 e 3032 kcal/kg. Entretanto, alguns autores [12], empregando suínos com peso aproximado de 29 kg, avaliaram 10 amostras diferentes de DDGS e observaram valores superiores àqueles do NRC [10] e uma variação na ED de 3947 a 4593 kcal/kg e na EM de 3674 a 4336 kcal/kg (valores expressos na matéria seca). Os autores sugeriram para ED e EM valores médios de 4140 e 3897, muito similares aos valores determinados no mesmo trabalho para o milho (ED de 4088 kcal/kg e EM de 3989 kcal/kg). Eles também identificaram que a variação de ED e EM depende dos níveis de cinzas, de extrato etéreo, de proteína bruta, de FAD e da energia bruta do DDGS. Os autores também identificaram que a retenção de nitrogênio do DDGS foi similar a do milho. Já para digestibilidade de fósforo, o DDGS apresentou valor de 59,1% e o milho de 19,3%.

As equações de predição para DDGS são [12]:

$$ED = -12.637 - 128,27 \times \text{cinzas} + 25,38 \times \text{PB} - 115,72 \times \text{EE} - 138,02 \times \text{FDA} + 3,569 \times \text{EB}.$$

$$EM = -10.267 - 175,78 \times \text{cinzas} + 23,09 \text{PB} - 115,72 \text{EE} - 137,93 \times \text{FDA} + 3,036 \times \text{EB}.$$

Alguns autores [4], empregando suínos com peso inicial de 29 kg, avaliaram os valores de energia digestível aparente e de digestibilidade ileal aparente de aminoácidos de cinco fontes de DDGS de milho, com participação aproximada nas dietas de 60%. Os autores identificaram uma variação da digestibilidade ileal aparente da lisina de 24,6 a 52,3%. DDGS com coloração mais escura apresentaram valores menores de digestibilidade. Dos aminoácidos essenciais, a lisina foi a que teve mais afetada a sua digestibilidade, quando a coloração do DDGS tornou-se mais escura. Os autores atribuíram a perda total de lisina e de sua digestibilidade pela reação de Maillard. Já quanto aos valores de energia digestível aparente das diferentes amostras, os autores não encontraram diferenças significativas entre elas.

Shurson [2], trabalhando com 103 amostras de DDGS provenientes de plantas “modernas”, demonstrou que o NIR pode ser um instrumento importante para a avaliação imediata da qualidade do DDGS adquirido. O autor encontrou equações de predição razoáveis, segundo ele, para energia e para aminoácidos totais. Como poderia ser esperado, o autor acrescentou que a qualidade dos resultados dependerá da qualidade das equações geradas.

Alguns autores [25] estudaram o efeito da inclusão de DDGS de milho, em dietas de suínos em crescimento-terminação, no desempenho e nas características de carcaça dos animais. Em cada fase estudada, as inclusões de DDGS foram de 0, 10, 20 e 30% e as dietas apresentaram valores similares de lisina total, EM, cálcio e fósforo. Os dados de carcaça foram coletados em animais com peso médio de 114 kg. Os autores identificaram que as inclusões de 20 e 30% de DDGS comprometeram o ganho de peso diário dos animais, mas não afetaram o consumo diário de alimento. Somente a inclusão de 30% de DDGS comprometeu a eficiência alimentar dos suínos. Quanto às avaliações de carcaça, os autores identificaram que as dietas contendo 30% de DDGS comprometeram a espessura de lombo e a firmeza da carcaça, mas não encontraram diferenças entre os tratamentos para espessura de toucinho e percentagem de carcaça magra. A inclusão de DDGS proporcionou um aumento linear do índice de iodo da gordura da carcaça. Outras características de carcaça, como cor, pH e perda na cocção não foram afetadas pela inclusão do DDGS. Os autores concluíram que valores inferiores a 20% de DDGS podem ser usados em todas as dietas de crescimento-terminação.

Whitney et al. [24] empregaram diferentes ingredientes (DDGS, casca de soja - CS e casca de soja pulverizada com anticorpo policlonal - CSP) em dietas de leitões desmamados e desafiados com *Lawsonia intracellularis*. O desafio com *Lawsonia* sp. comprometeu o desempenho dos leitões e os ingredientes avaliados não minimizaram as consequências detrimenais do desafio. Também os ingredientes não reduziram as lesões, a prevalência e a severidade

da *Lawsonia* sp.. Entretanto, as lesões de íleo foram maiores quando a CSP foi comparada com a CS e o DDGS. Os autores sugeriram que estes dois ingredientes possivelmente melhoram a capacidade dos leitões de resistir os desafios por ileíte. Eles também comentaram que o desafio ao qual os leitões foram submetidos foi maior do que aquele que normalmente ocorre no campo e isto também pode ter comprometido a interpretação dos resultados.

2 - Glicerol

O aumento do preço do petróleo também estimulou a produção de biodiesel a partir de diferentes óleos como o de soja, de canola, de mamona, de girassol e de origem animal. Para 2010, o objetivo estabelecido para a Comunidade Européia é a adição de 5,75% de biodiesel nos combustíveis regulares [3]. No Brasil, a lei 11.097, de 13 de janeiro de 2005, proporcionou incentivo às empresas produtoras de biodiesel e tornou obrigatória a adição de 2% de biodiesel no óleo diesel vendido no país a partir de 2008. Já em 2013, o percentual deverá ser aumentado para 5%. Esta situação exigirá a produção interna de mais de 2 bilhões de litros de biodiesel por ano [23].

A mistura de uma fonte de óleo com um álcool (normalmente metanol) e um catalisador (Hidróxido de sódio ou potássio) possibilita a ruptura das moléculas de triglicerídios em metil ésteres, chamados de biodiesel, e glicerol (glicerina ou 1,2,3-propanotriol). Para cada litro de biodiesel produzido, aproximadamente 80g de glicerol são obtidos [17]. O glicerol tem mais de 1500 aplicações, desde cosméticos e produtos farmacêuticos até alimentos e outros [3]. Na Comunidade Européia, o glicerol está registrado como aditivo de alimento, sem limite de inclusão (No 1831/2003) [3].

Alguns autores [19] mencionaram que a qualidade do glicerol obtido da reação química depende do equipamento empregado. Esta situação foi confirmada no Laboratório de Nutrição Animal, da Nutron Alimentos Ltda [13] e as amplitudes de valores podem ser vistas na Tabela 3. Nas amostras analisadas não foram avaliados os níveis de metanol residual. Entretanto, alguns autores [7] também citaram a variação desta substância como também da cor do produto final. A alteração da cor depende do pigmento que tem no óleo em que o biodiesel é produzido.

O resíduo de metanol pode ser um problema, quando encontrado no glicerol. No metabolismo, o metanol se transforma em formato, que afeta o sistema nervoso central, causando vômito, severa acidose metabólica, cegueira e ação sobre o sistema motor. Nos EUA ainda não há legislação para o nível de metanol no glicerol. Entretanto há legislação para o nível de metanol na dieta, que não pode ultrapassar 150 ppm [17].

A diferença de valores de energia bruta das amostras é uma maneira indireta de estabelecer a eficiência do processo de produção de biodiesel. Quanto menor o valor de energia mais eficiente é a transformação, ficando como produto final somente glicerol e não parte de glicerol e parte de triglicerídios intactos. Também o nível de sódio do glicerol deve ser avaliado para incluí-lo como nutriente quando da formulação. Sob o ponto de vista da formulação, as variações de energia e de sódio, associadas à variação do metanol, podem ser restritivas ao uso irrestrito do glicerol como alternativa para a alimentação animal.

Tabela 3. Níveis médios e amplitudes de análise de amostras de glicerol

	Análises	Médias	Mínimos	Máximos
Umidade	%	6	0,2	46,8
Cinzas	%	5,7	0,3	8,3
Fósforo	%	0,13	0	0,25
Índice de acidez	mg KOH/kg	18,2	0,2	124
pH		7,3	5,4	11
Sódio	%	1,7	0,6	2,6
Potássio	%	2,5	0	1,9
Energia Bruta	Kcal/kg	4392	3830	6367

Adaptado de [13].

Na Tabela 4 encontram-se os valores de composição química do glicerol, com purezas distintas, propostos pelos autores [15].

Tabela 4. Composição química do glicerol com relação a sua pureza

	Pureza do Glicerol		
	Baixa	Média	Alta
Água, %	26,8	1,1	2,5
Composição da MS, %			
Glicerol	63,3	85,3	99,8
EE	0,71	0,44	n.a. ¹
P	1,05	2,36	n.a.
K	2,20	2,33	n.a.
Na	0,11	0,09	n.a.
Pb	0,0003	0,0002	n.a.
Metanol	26,7	0,04	n.a.

Adaptado de [15].

O glicerol pode ser considerado uma fonte adequada de energia, pois quando as gorduras são digeridas, normalmente são obtidas duas moléculas de ácidos graxos e uma molécula de monoglicerídeo. Quando a digestão é total, são obtidas três moléculas de ácidos graxos e uma molécula de glicerol. Esta última molécula, por seu baixo peso molecular, é facilmente absorvida por difusão. Uma vez absorvido, o glicerol pode ser convertido em glicose, via gliconeogênese, ou oxidado, para a produção de energia, via glicólise e ciclo de Krebs [14]. O metabolismo do glicerol predominantemente ocorre no fígado e nos rins.

O glicerol, além de ser uma fonte energética, pode ser empregado nas dietas para melhorar a qualidade dos peletes. Em um estudo, trabalhando com dietas de suínos, demonstrou que a inclusão de glicerol melhorou a qualidade dos peletes, representado por valores de PDI, e diminuiu o custo energético da peletização [8]. O autor também verificou que entre 3 e 6% de glicerol adicionado, o valor de 6% foi quem proporcionou o melhor PDI. Já as mesmas adições de óleo diminuíram o PDI. Porém, tanto o glicerol quanto o óleo melhoraram o rendimento energético da peletização.

O glicerol também pode reduzir o pó das dietas e dos suplementos minerais e vitamínicos. Pelo seu sabor adocicado, pode servir para melhorar o sabor das dietas [3].

A obtenção do biodiesel e do glicerol ocorre de acordo com o fluxograma (Figura 4) apresentado a seguir [11].

Alguns trabalhos começam a ser publicados, indicando o uso de glicerol na alimentação de animais.

Alguns autores [9], trabalhando com leitões desmamados aos 21 dias e com 7,9 kg de peso corporal, avaliaram a inclusão de 0, 5 e 10% de glicerol em dietas isoenergéticas e isolisínicas. A inclusão de glicerol, em qualquer dos dois níveis, não comprometeu o desempenho dos animais.

Em suínos, outros autores [17] demonstraram que inclusão de glicerol em até 10%, em dietas isoenergéticas, isoprotéicas e com os mesmos níveis de sódio, não afetou o desempenho dos animais em crescimento e terminação, não comprometeu a qualidade da carcaça e melhorou a estrutura física do produto final. O glicerol usado tinha 0,32% de metanol. Mesmo na dieta com 10% de glicerol (320 ppm de metanol) os pesquisadores não encontraram qualquer sintoma de intoxicação por formato. O metanol é volátil e o seu valor no glicerol não obrigatoriamente significa que terá a mesma participação na dieta final.

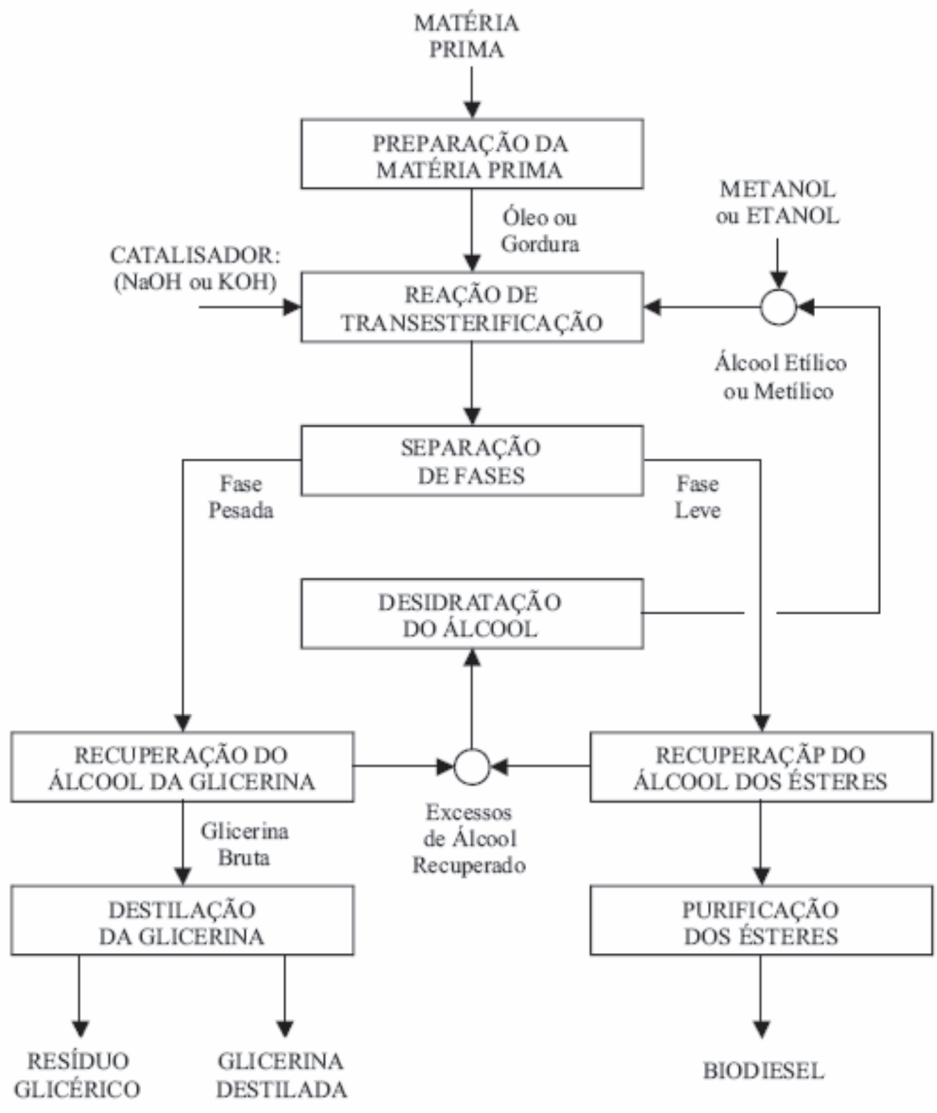


Figura 4. Fluxograma do processo de produção de biodiesel.

Alguns autores [9], em 5 experimentos, determinaram a energia digestível (ED) e a energia metabolizável (EM) do glicerol (86,95% glicerol) em dietas para suínos em crescimento. Os valores foram determinados por equações de regressão. Para ED encontraram 3344 kcal/kg e para EM encontraram 3207 kcal/kg. Em outros experimentos, também usando equações de regressão, os mesmos autores, identificaram para leitões com aproximadamente 11 kg de peso corporal, a ED do glicerol de 3386 kcal/kg e para fêmeas com peso aproximado de 109 kg, a ED de 3772 kcal/kg. O mais interessante é que os valores encontrados não foram diferentes do valor de energia bruta do mesmo glicerol, que foi de 3625 kcal/kg. Os autores concluíram que o glicerol é um ingrediente com alta disponibilidade de energia.

Entretanto, avaliando o valor de energia metabolizável do glicerol, outros autores [3] demonstraram que os valores de energia metabolizável do glicerol puro para frangos de corte, poedeiras e suínos variava de acordo com a sua inclusão na dieta. Os valores observados pelos autores encontram-se na Tabela 5. Os autores sugeriram que esta redução da energia metabolizável ocorre por não haver reabsorção renal de glicerol, sendo o excesso excretado pela urina.

Tabela 5. Energia Metabolizável (kcal/kg) do glicerol puro em diferentes espécies

Níveis Glicerina (%)	Fringido de Corte	Poedeira	Suíno
5	4.237	4.204	4.180
10	4.056	4.108	3.439
15	3.686	3.475	2.256

Adaptado de [3].

CONCLUSÃO

O uso de fontes alternativas de energia para atender as necessidades dos seres humanos colocará em risco o seu suprimento para a alimentação humana e animal.

A produção de energia a partir de cereais e do óleo, vegetal ou animal, proporcionará a disponibilidade de sub produtos (DDGS e glicerol) que deverão ser usados na alimentação animal, pois os atuais usos possivelmente não serão suficientes e/ou economicamente adequados.

REFERÊNCIAS

- Batal A. & Dale N. 2003.** Mineral composition of distillers dried grains with solubles. *Journal of Applied Poultry Research*. 12: 400-403.
- Department of Animal Science University of Minnesota. 2002.** The value and use of distiller's dried grains with solubles (DDGS) in swine diets, 20p. Disponível em: <http://www.ddgs.umn.edu/articles-swine/2002-Shurson-%20Carolina%20nutr%20conf.pdf>>. Acessado em 01/2008.
- EET Corporation. 2006.** Glycerin purification. Disponível em: <http://www.eetcorp.com/heepm/glycerine.htm?gclid=CMCUvtHRm5ICFQhTHgod6C7h6g>>. Acessado em 02/2008.
- Fastinger N.D. & Mahan. D.C. 2006.** Determination of the ileal amino acid and energy digestibilities of corn distillers dried grains with solubles using grower-finisher pigs. *Journal of Animal Science*. 84: 1722-1728.
- Food and Agriculture Organization. 2007.** Food Outlook Market Analysis. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/010/ah864e/ah864e00.htm>>. Acessado em: 02/2008.
- Food and Agriculture Organization. 2007.** A Review of the current state of bioenergy development in G8 + 5 countries. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/010/a1348e/a1348e00.htm>>. Acessado em 02/2008.
- International Energy Agency. 2005.** Bioenergy Project Development & Biomass Supply, 66p. Disponível em: <http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2007/biomass.pdf>>. Acessado em 02/2008.
- K-State Research Exchange. 2002.** The Effect of Feed Ingredients on Feed Manufacturing and Growth Performance of Pigs. Disponível em: <http://www.krex.ksu.edu/dspace/handle/2097/523>>. Acessado em 01/2008.
- Lamers P.J., Kerr B.J., Weber T.E., Dozier W.A., Kidd M.T., Bregandahl K. & Honeyman M.S. 2008.** Digestible and metabolizable energy of crude glycerol for growing pigs. *Journal of Animal Science*, 86: 602-608.
- National Research Council. 1998.** Nutrient Requirements of Swine. Disponível em: <http://sites.nationalacademies.org/nrc/index.htm>>. Acessado em 02/2008.
- Parente E.J.S. 2003.** Biodiesel – Uma aventura tecnológica num país engraçado.: Fortaleza: Unigráfica, 66p.
- Pedersen C., Boersma M.G. & Stein H.H. 2007.** Digestibility of energy and phosphorus in 10 samples of distillers dried grain with solubles fed to growing pigs. *Journal of Animal Science*. 85: 1168-1176.
- Penz, A. M. & Gianfelice M. 2007.** Nutrición de pollos de engorde ante la competencia de las fuentes de energía para la producción de etanol y biodiesel. In: *Congreso Latinoamericano de Avicultura*. (Porto Alegre, Brasil). pp.159-166.
- Robergs R.A. & Griffin S.E. 1998.** Glycerol: biochemistry, pharmacokinetics and clinical and practical applications. *Sports.Medicine*. 26: 145-167.
- Schröder A. & Südekum K.H. 1999.** Glycerol as a by-product of biodiesel production in diets for ruminants. In: Proceedings of the 10th International Rapeseed Congress (Canberra, Australia). p.23.
- Spiehs M.J., Whitney M.H. & Shurson G.C. 2002.** Nutrient database for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *Journal of Animal Science*. 80: 2639-2645.
- The Pig Site. 2008.** Feeding Bioenergy Coproducts to Swine. Disponível em: <http://www.thepigsite.com/articles/2/ai-genetics-reproduction/2136/feeding-bioenergy-coproducts-to-swine>>. Acessado em 02/2008.
- United States Department of Agriculture. 2007.** World Agricultural Outlook Board and Foreign Agricultural Service. Disponível em: <http://www.usda.gov/oce/commodity/>>. Acessado em 01/2008.

- 19 **United States Department of Agriculture. 2007.** Ethanol Transportation Background,30p. Disponível em:<<http://www.ams.usda.gov/tmd/TSB/EthanolTransportationBackgroundr09-17-07.pdf>>. Acessado em 02/2008.
- 20 **United States Department of Agriculture. 2008.** Grain:World Markets and Trade,64p. Disponível em:<<http://www.fas.usda.gov/grain/circular/2008/01-08/grainfull01-08.pdf>>. Acessado em 01/2008.
- 21 **United States Department of Agriculture. 2008.** US Biofuel Development,22p. Disponível em:<<http://www.fas.usda.gov/cmp/biofuels/032207Chiapasrev.pdf>>. Acessado em 02/2008.
- 22 **United States Department of Agriculture. 2008.** Oilseed world market and trade,34p. Disponível em:<<http://www.fas.usda.gov/oilseeds/circular/2008/January/oilseeds0108.pdf>>. Acessado em 02/2008.
- 23 **Universidade Federal de Santa Catarina. 2006.** Produção enzimática de biodiesel.16p. Disponível em:<http://www.enq.ufsc.br/labs/probio/disc_eng_bioq/trabalhos_grad/trabalhos_grad_2006-1/biodiesel.doc>. Acessado em 02/2008.
- 24 **Whitney M.H., Shurson G.C. & Guedes. R.C. 2006.** Effect of dietary inclusion of distillers dried grains with solubles, soybean hulls, or a polyclonal antibody product on the ability of growing pigs to resist a *Lawsonia intracellularis* challenge. *Journal of Animal Science*. 84: 1880-1889.
- 25 **Whitney M.H., Shurson G.C., Johnston L.J., Wulf D.M. & Shanks B.C. 2006.** Growth performance and carcass characteristics of grower-finisher pigs fed high-quality corn distillers dried grain with solubles originating from a modern Midwestern ethanol plant. *Journal of Animal Science*. 84: 3356-3363.

