



UFSM

Universidade Federal de Santa Maria

BALANÇO NUTRICIONAL ESTRATÉGICO E DOENÇAS METABÓLICAS

VI SIMPÓSIO DE SANIDADE AVÍCOLA
DA UFSM

10 e 11 de Setembro de 2008

ParkHotel Morotin
Santa Maria - RS



INSCRIÇÕES E INFORMAÇÕES
Envio de trabalhos científicos até dia 25/07/08
LCDPA - UFSM
Prédio 44, sala 5151
Fone: (55) 3220 8072
sanidadeavicola@gmail.com
Site: www.ufsm.ufsm.br/lcdpa



REALIZAÇÃO


APOIO


PATROCÍNIO


MANOEL GARCIA NETO

mgarcia@fmva.unesp.br

**MEDICINA VETERINÁRIA - UNESP
ARAÇATUBA - SP
2008**

RESUMO

Com a finalidade de melhorar o ganho de peso e a conversão alimentar dos frangos de corte, faz-se necessário a utilização de níveis adequados de nutrientes e também uma correta proporção entre esses na ração, obtendo assim uma formulação com balanço nutricional apropriado para os animais.

Todavia esse procedimento exige maiores cuidados do nutricionista quanto à constante revisão e atualização dos ingredientes da matriz de dados, visando ajustar a dieta aos avanços nutricionais, os quais acompanham o constante melhoramento genético e manejo das modernas linhagens de frangos de corte. No entanto, com esses avanços as aves tornaram-se susceptíveis a problemas metabólicos, destacando-se entre eles os distúrbios ácido-básicos, tendo como principal agente desencadeador desse desequilíbrio o estresse calórico.

Entretanto, através de procedimentos nutricionais, é possível modificar o balanço e a relação catiônica da ração das aves, buscando um ajuste favorável à máxima taxa de crescimento, mas sem desencadear os transtornos metabólicos inerentes a essa criação, especialmente em condições de estresse calórico.

JUSTIFICATIVAS

Os constantes programas de melhoramento genético de frangos de corte têm conduzido à obtenção de aves mais exigentes quanto ao equilíbrio da dieta, à qualidade de matéria-prima, aos aspectos físicos da ração, bem como a condições ambientais mais convenientes, no que se refere ao seu conforto térmico.

Em virtude da maior precocidade das aves, o balanceamento correto é de vital importância para um bom arraçamento, resultando em preocupação quanto à adequada suplementação dos nutrientes na dieta, visto que as reservas corporais das aves são limitadas (HARMS et al., 1971).

Como a ênfase da genética continua sendo o rendimento em carne comestível, visando uma deposição reduzida de gordura abdominal (CAMPOS, 1982; WALDROUP, 1996; BERTECHINI et al., 1991), também, a nutrição, no que diz respeito aos níveis e proporções entre nutrientes da dieta, deve ser encarada sob essa perspectiva, a fim de estar em sintonia, as contínuas melhorias no manejo das aves, bem como as questões relacionadas à ambiência das instalações.

Com relação ao fator ambiental, a ambiência de um galpão de frango de corte deve ser manejada para não comprometer os estreitos limites dos vários processos fisiológicos das aves, ou seja, a manutenção da homeostase (FURLAN, 2006), principalmente, em um país tropical como o Brasil, onde altas temperaturas e umidade são desafios constantes ao desempenho zootécnico da criação.

Segundo MONGIN (1981) um animal, para manter a homeostase ácido-básico em equilíbrio, necessitaria apresentar a ingestão dietética catiônica somada à produção endógena de ácidos (H^+), menos a diferença catiônica excretada, iguais à zero. Destas combinações (ingerido+endógeno-excretado), a que apresenta o mais fácil controle está relacionado à proporção de minerais da dieta, por ser aquela com relação direta com a concentração plasmática de bicarbonato (HCO_3^-) (MONGIN, 1977).

Os minerais K, Na e Cl, em particular, são escolhidos pela importância que desempenham no metabolismo, pela participação no balanço osmótico, no balanço ácido-básico e na integridade dos mecanismos que regulam o transporte através das membranas celulares. Assim o balanço desses minerais age diretamente no equilíbrio ácido-básico das aves, podendo prejudicar o seu desempenho por comprometer muitas funções metabólicas (JUDICE et al., 2002).

O equilíbrio ácido-básico da dieta, a partir de estudos de MONGIN (1981), para o Na, K e Cl, antes formulados somente para atender uma exigência mínima para cada fase

da criação (NRC, 1994), deveriam ser ajustadas suas proporções para um melhor balanço eletrolítico (BE), objetivando um ótimo desempenho de crescimento pela manutenção da homeostase ácido-básico fisiológica do animal (GEZEN et al., 2005).

Nesse sentido, surgiu o conceito de “Balanço Eletrolítico”, auxiliando na manutenção do equilíbrio ácido-básico, que minimiza a predisposição das aves à alcalose respiratória por efeito de estresse calórico, com conseqüente redução no ganho de peso, pela menor ingestão de alimento e uma pior conversão alimentar (TEETER et al. 1985) e também por favorecer o aumento da incidência de carne PSE (pálida, mole e exsudativa) em aves (WOELFEL et al. 2002; MOREIRA, 2005).

Recentemente, vários estudos têm sido direcionados ao desenvolvimento de expressões simplificadas de balanço eletrolítico, de forma a identificar os valores críticos e a relação mais apropriada de eletrólitos, para utilização e aplicação no arraçamento de várias espécies (HAYDON & WEST, 1990; ROSS et al. 1994; WILDMAN et al., 2007). Em relação às aves, o balanço eletrolítico pode ser calculado segundo os níveis totais de Na, K e Cl dos ingredientes da ração, sendo expresso em mEq/100g da dieta (MONGIN, 1981).

Para frangos de corte, o nível de variação ideal se situa próximo a 250 mEq/kg ou 25 mEq/100g (BORGES, 2006), como descrito pela fórmula simplificada $[Na^+] + [K^+] - [Cl^-]$ (MONGIN, 1981; JOHNSON & KARUNAJEEWA, 1985; VIEITES et al. 2004; VIEITES et al. 2005) e, também, pela relação $([Na^+] + [K^+])/[Cl^-]$ (COHEN & HURWITZ, 1974; JUNQUEIRA et al., 2000).

MONGIN (1981) adverte sobre a necessidade de se adequar uma ração não apenas ao BE, pela diferença $[Na^+] + [K^+] - [Cl^-]$, mas, também, quanto à relação eletrolítica $([K^+] + [Cl^-])/[Na^+]$. Portanto, para um adequado balanço eletrolítico de uma dieta, não seria suficiente apenas o cálculo da diferença entre a concentração total de ânions e cátions, mas, ainda, a proporção adequada entre potássio e o sódio (LEWIS et al., 1972; TALBOT, 1978). Além disso, COHEN et al. (1972) confirmaram que alterações nas relações sódio/cloro podem ocasionar alcalose ou acidose metabólica, tendo sido relatado, ainda, que aves têm maior tolerância ao excesso de K que ao de Na (SAVER & MONGIN, 1978), sendo que o excesso de Na pode causar elevada excreção de fósforo, resultando em deficiência (HOOGE, 1995), e o excesso de ingestão de Na e K favorece uma alta umidade na cama de frangos (OLIVEIRA et al., 2003). O excesso de cloro na dieta diminui o pH sangüíneo das aves, a menos que o cloro seja balanceado por concentrações equivalentes de sódio ou potássio (AUSTIC, 1984).

Os relatos na literatura tratando da relação eletrolítica ($[K^+] + [Cl^-]$)/ $[Na^+]$ são raros (AHMAD & SARWAR, 2006), apesar de o conceito ter sido proposto desde 1981 (MONGIN, 1981), possivelmente pelas limitações da utilização dessa estratégia nutricional na planilha de cálculo para formulação. Entretanto, com o uso da ferramenta Solver da planilha Excel da Microsoft[®] é possível introduzir na formulação da ração as equações matemáticas necessárias para viabilizar tanto o balanço como a relação eletrolítica (RE) de uma dieta (GARCIA NETO, 2008), respeitando às recomendações mínimas nutricionais das Tabelas Brasileiras de 2005 (ROSTAGNO et al., 2005 <http://www.lisina.com.br/arquivos/Geral%20Português.pdf>). Cabe a ressalva que o conteúdo de K, de Na e de Cl dos alimentos já está incluso nas referidas tabelas (composição química dos alimentos), com o propósito de facilitar o cálculo do balanço eletrolítico das rações para aves e suínos.

A adição e manipulação de eletrólitos como bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$), cloreto de potássio (KCl), cloreto de cálcio ($CaCl_2$) e cloreto de amônia (NH_4Cl) na água ou na ração, minimizam os efeitos do estresse calórico das aves (BORGES, 1999; SOUZA et al., 2002; BORGES 2003), antecipando em dois dias o abate durante o verão, além de favorecer a conversão alimentar e reduzir a mortalidade (BENTON et al., 1998).

O desequilíbrio no balanço eletrolítico, também, influencia à incidência de discondroplasia tibial, uma anomalia da cartilagem epifisária da tíbia que resulta em transtornos de locomoção (LEACH & NESHEIN, 1972; PIZAURO JUNIOR, 2002; FRANCO et al., 2004). HALLEY et al., (1987) observaram alta correlação entre esse distúrbio e o desequilíbrio ácido-básico da dieta.

Ainda é questionado o mecanismo exato da influência do desequilíbrio ácido-básico sobre a calcificação óssea, porém, MONGIN & SAUVEUR (1977) atribuem como possível causa, uma alteração do metabolismo da vitamina D.

A discondroplasia tibial (<http://www.poultry.uga.edu/courses/legs/langport/contents.htm>) é um defeito no processo de ossificação endocondral caracterizada por uma cartilagem branca opaca, não vascularizada, desmineralizada em metáfase que geralmente apresenta uma necrose (PIZAURO JUNIOR et al., 2002). Várias hipóteses têm sido propostas para explicar a etiologia e a patogenicidade da discondroplasia tibial. Estudos realizados por vários pesquisadores mostraram que a discondroplasia tibial poderia ser atribuída à síntese de matriz óssea cartilaginosa anormal que resiste a invasão vascular, devido ao defeito nos condrócitos no processo de ossificação endocondral (RATH et al., 1998; EDWARDS, 2000; REDDI, 2000). Além desses fatores, outras investigações admitem que a incidência espontânea desta lesão em frangos de corte e em perus poderia ser atribuída à

composição da dieta e a alguns fatores ambientais (MURAKAMI et al., 2001; VIEITES et al., 2004; GONZALES & MENDONÇA JUNIOR, 2006). LEESON (2006) considera, como predição, que as desordens metabólicas relacionadas com a integridade do esqueleto será o principal desafio da próxima década e estabelecerá o último limite de aumento de produtividade em todas as áreas da produção avícola.

Segundo SAUVEUR & MONGIN (1978) ocorre um aumento da incidência de discondroplasia tibial devido à acidose metabólica decorrente do excesso de cloro na dieta, sendo que o excesso de sódio e/ou potássio minimizam esse distúrbio. MESCHY (1998) também verificou que há uma dependência do balanço eletrolítico da dieta, principalmente, do conteúdo de proteína e do tipo de suplemento de sódio utilizado. Assim, como medidas práticas para o controle desse distúrbio metabólico há necessidade de se avaliar a dieta com relação aos níveis de Na^+ , K^+ e Cl^- , tanto em relação $[\text{Na}^+]/[\text{K}^+]$, quanto ao balanço dietético de eletrólitos $[\text{Na}^+]+[\text{K}^+]-[\text{Cl}^-]$ e, também, reduzir o excesso de proteína na dieta (GONZALES & MENDONÇA JÚNIOR, 2006).

Com o conhecimento do impacto do balanço ácido-básico sobre a produção animal, cabe ao nutricionista maior atenção na formulação da dieta, devido à influência no consumo de ração e do desenvolvimento das aves (RIDDELL, 1975; PATIENCE et al., 1987; BORGATTI et al, 2004), na sanidade (SAVEUR, 1984), na genética (THORP et al., 1993) e nas respostas ao estresse térmico (TEERTER et al., 1985; FURLAN, 2006), além de sua interferência no metabolismo dos aminoácidos (HARA et al., 1987), de minerais (LUTZ, 1984) e das vitaminas (REDDY et al., 1982; THORP et al., 1993) o que demonstra a necessidade de um maior entendimento dessas interações (PATIENCE, 1990; BORGATTI et al, 2004).

Como os eletrólitos são responsáveis pela manutenção da água corporal e do balanço iônico, a concentração ideal de Na^+ , K^+ e Cl^- não pode ser determinada independentemente, devido às interações entre esses íons na dieta e posteriormente no metabolismo das aves (COHEN et al., 1972; JUNQUEIRA et al, 1984; NOBAKHT et al, 2006).

Isso evidencia a importância de uma ração apresentar um balanço eletrolítico favorável, todavia, ainda, persistem dúvidas sobre como adequar melhor uma dieta a esse novo conceito, se por diferença ($\text{Na}+\text{K}-\text{Cl}$), relações $(\text{K} + \text{Cl})/\text{Na}$ ou $(\text{K}+\text{Na})/\text{Cl}$ ou por ambas (diferença e relação), além da definição dos valores mais apropriados segundo à fase de criação (BORGATTI et al, 2004).

A preocupação atual dos nutricionistas é estabelecer o balanço da dieta para fornecimento de cátions e ânions (LEESON et al., 1995), uma vez que a manipulação dos

eletrólitos da dieta é simples, prática e econômica, e que as exigências para Na, K e Cl já estão claramente definidas (NRC, 1984; ROSTAGNO et al., 2005). Segundo LEESON et al., (1995), o balanço eletrolítico pode afetar o metabolismo de vários aminoácidos, principalmente em relação à lisina e arginina.

Portanto, há necessidade de se conhecer e compreender melhor essas interações, com o intuito de se obter formulações de rações com melhores ajustes nutricionais, e assim não favorecer distúrbios metabólicos através do desequilíbrio ácido-básico de dietas para aves (COELLO et al., 2008).

Formulação das dietas

A formulação de rações apresenta grande complexidade por envolver muitas opções de alimentos (ingredientes) e também por atender as exigências de números elevados de nutrientes e restrições. Contudo, o que manualmente seria extremamente difícil, com o uso de programas de computador a formulação é precisa e ágil para com todos os ajustes desejados.

A versão do PPFRR (Programa Prático para Formulação de Rações/<http://www.foa.unesp.br/downloads/categoria.asp?CatCod=4>) para frangos de corte (http://www.foa.unesp.br/downloads/file_detalhes.asp?CatCod=4&SubCatCod=138&FileCod=1436) foi idealizado para fins didáticos, mas mostra-se compatível para formulações em condições reais, tendo como característica a possibilidade do usuário ter total acesso às fórmulas, podendo alterá-las quando necessário (Tabela 1).

Atendendo os princípios de balanço e de relação eletrolítica preconizado por Mongin (1981), foram simuladas várias possibilidades de formulações de rações (Figuras 1, 2, 3 e 4), visando demonstrar o comportamento das concentrações de K, Na e Cl na dieta; em relação ao RE, mantendo o BE fixo (150, 250 ou 350 mEq/kg). Isto foi possível devido à facilidade do programa PPFRR permitir a intervenção do usuário diretamente na planilha com agilidade.

Tabela 1. Exemplos de Rações para frangos de Corte na fase Crescimento (22-33 dias)¹.

Relação eletrolítica (RE)	Balanço eletrolítico (BE) mEq/kg					Ração controle
	150	250		350		
	3:1	2:1	3:1	4:1	3:1	
Ingredientes						
Milho	65,00	63,27	60,80	59,54	58,30	63,93
Milho Far. Glúten -60%	4,30	0,00	0,00	0,00	0,00	3,98
Óleo de Soja	1,83	3,18	3,47	3,79	4,21	2,18
Fosfato Bicálcico	1,63	1,62	1,60	1,60	1,60	1,66
Sal Comum	0,56	0,43	0,17	0,44	0,16	0,47
Agente Anticoccidiano	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Antibiótico	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Cl. de Colina - 70%	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00
L-Lisina HCl	0,32	0,22	0,12	0,10	0,10	0,33
Premix Minerais	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Premix Vitaminas	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Bicar. Sódio (NaHCO ₃)	0,00	0,58	0,44	0,04	0,64	0,00
Cloreto de K (KCl)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicar. De K (KHCO ₃)	0,00	0,00	0,00	0,42	0,71	0,00
Cloreto de Ca (CaCl ₂)	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Soja Farelo -45%	24,52	28,84	31,62	32,30	32,51	25,68
DL-Metionina	0,17	0,22	0,19	0,19	0,19	0,19
L Treonina	0,03	0,05	0,01	0,00	0,00	0,05
Calcário Calcítico	0,86	0,83	0,82	0,82	0,82	0,87
Total	100	100	100	100	100	100
Composição Calculada						
Energia Met. Aves (3100) ¹	3100	3100	3100	3100	3100	3100
Proteína Bruta (PB) (19,41)	20,13	19,41	20,40	20,60	20,59	19,78
Cálcio (0,824)	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
P Disponível (0,411)	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
Potássio (0,590)	0,71	0,79	0,84	1,01	1,13	0,65
Sódio (0,205)	0,24	0,35	0,20	0,20	0,26	0,21
Cloro (0,180)	0,48	0,36	0,19	0,35	0,18	0,39
Ácido Linoléico (1,039)	2,39	3,06	3,19	3,34	3,55	2,57
Lisina Dig. (1,073)	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07
Metionina Dig. (0,429)	0,47	0,49	0,48	0,47	0,48	0,49
Met. + Cistina Dig. (0,773)	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
Triptofano Dig. (0,182)	0,19	0,21	0,22	0,22	0,22	0,19
Treonina Dig. (0,697)	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Arginina Dig. (1,127)	1,13	1,18	1,27	1,28	1,29	1,13
Valina Dig. (0,826)	0,86	0,83	0,88	0,89	0,89	0,83
Isoleucina Dig. (0,719)	0,77	0,75	0,80	0,81	0,81	0,76
Leucina Dig. (1,170)	1,90	1,59	1,66	1,67	1,66	1,85
Histidina Dig. (0,386)	0,50	0,49	0,52	0,52	0,52	0,49
Fenilalanina Dig. (0,676)	0,95	0,88	0,93	0,94	0,94	0,93
Fen. + Tirosina Dig. (1,234)	1,64	1,49	1,58	1,60	1,60	1,60
BE Na+K-Cl (mEq/kg)	150	250	250	250	350	146
RE (K+Cl)/Na	3:1	2:1	3:1	4:1	3:1	3,12:1

¹ Exigência das Tabelas Brasileiras (2005), exceto para BE e RE. ² Balanço Eletrolítico. ³ Relação Eletrolítica.

Figura 1. - Variação da Proporção (total suplementado/exigência) em função da alteração da relação eletrolítica (RE) para um balanço eletrolítico (BE) de 150 mEq/kg, conforme as recomendações de ROSTAGNO et al. (2005) para K, Na e Cl.

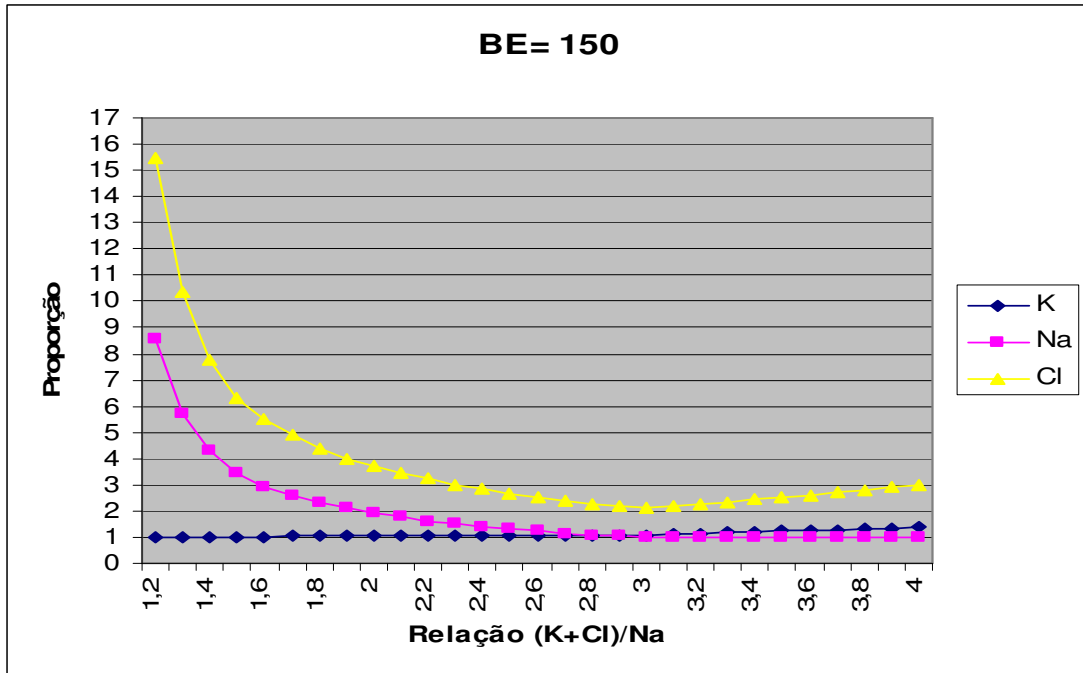


Figura 2. - Variação da Proporção (total suplementado/exigência) em função da alteração da relação eletrolítica (RE) para um balanço eletrolítico (BE) de 250 mEq/kg, conforme as recomendações de ROSTAGNO et al. (2005) para K, Na e Cl.

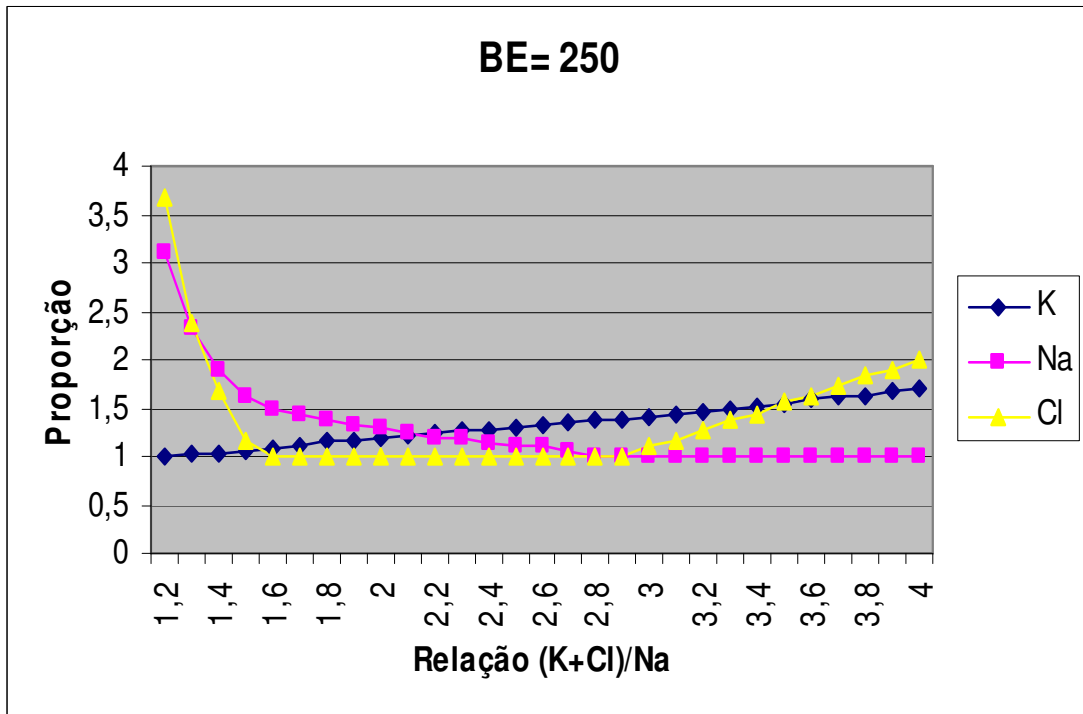


Figura 3. - Variação da Proporção (total suplementado/exigência) em função da alteração da relação eletrolítica (RE) para um balanço eletrolítico (BE) de 350 mEq/kg, conforme as recomendações de ROSTAGNO et al. (2005) para K, Na e Cl.

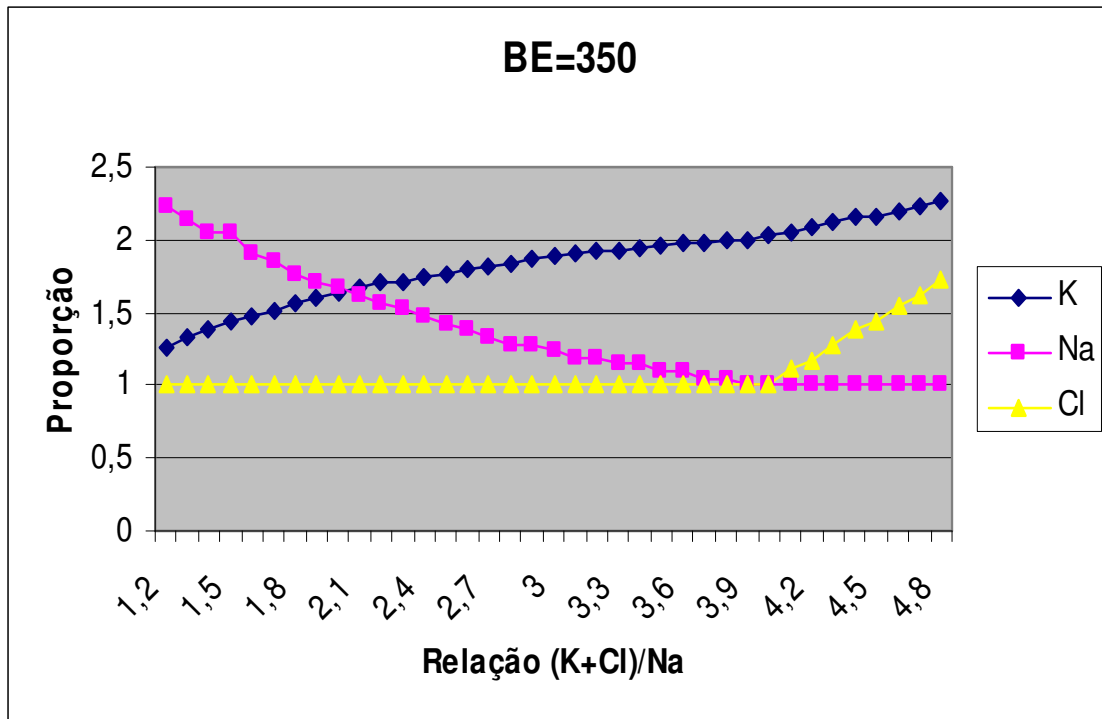
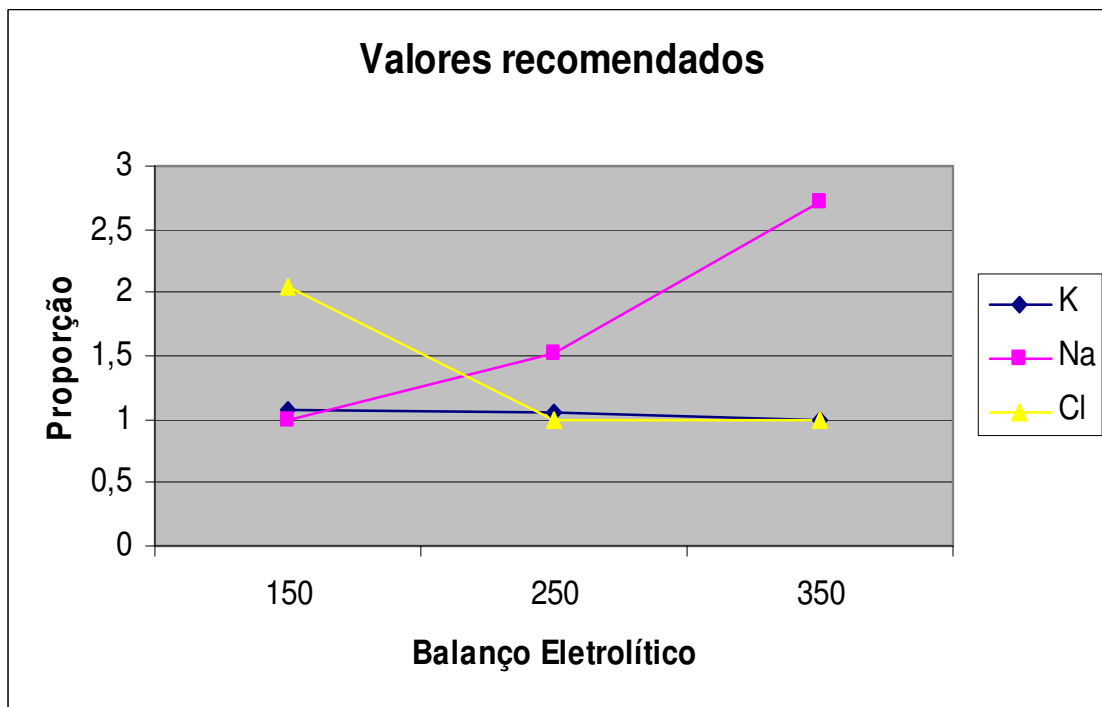


Figura 4. - Variação da Proporção (total suplementado/exigência) em função da alteração do balanço eletrolítico (BE), conforme as recomendações de ROSTAGNO et al. (2005) para K, Na e Cl.



Geralmente, na maioria das dietas formuladas (dietas tradicionais) para frango de corte o balanço eletrolítico não atende os valores favoráveis para otimizar os parâmetros produtivos (Figura 5), uma vez que as aves em condições de termoneutralidade requerem um BE próximo de 250 mEq/kg para uma adequada produção, mas em condições de estresse por calor este requerimento passa para 300 mEq/kg (CERRATE & GÓMEZ, 2008). Salientando que, sob estresse térmico desencadeia-se um quadro de alcalose metabólica que promove a excreção de K^+ pelos rins com competição entre a excreção de H^+ e de K^+ , razão pela qual o equilíbrio ácido-base influi no equilíbrio eletrolítico (GONZALEZ et al., 2001; COELLO et al., 2008).

Figura 5. – Planilha do PFR¹ com balanceamento tradicional, apresentando balanço eletrolítico de 141,38 mEq/kg.

Identificação da ração: Exemplo 1

Ingrediente	Custo R\$/kg	Min. %	Quantid. %	Max. %	Nutriente	Exigência	Fornecido	Max.	Unid.
Inerte	0,00	0,00	0,00	100,00	Energia Met. Aves	3100,00	3100,00	10000	kcal/kg
Milho	0,20	0,00	67,13	100,00	Proteína Bruta (PB)	19,41	19,70	100	%
Milho Far. Glúten -60%	1,35	0,00	1,66	100,00	Cálcio	0,82	0,82	100	%
Óleo de Soja	1,80	0,00	1,47	100,00	P Disponível	0,41	0,41	100	%
Soja Farelo -45%	0,78	0,00	21,49	100,00	Potássio	0,59	0,61	100	%
Fosfato Bicálcico	1,27	0,00	1,06	100,00	Sódio	0,21	0,20	100	%
Sal Comum	0,15	0,00	0,41	100,00	Cloro	0,18	0,37	100	%
Agente Anticoccid.	9,40	0,11	0,11	100,00	Ácido Linoléico	1,04	2,19	100	%
Antibiótico	10,00	0,05	0,05	0,05	Lisina Dig.	1,07	1,07	100	%
Cl. de Colina - 70%	3,30	0,00	0,00	100,00	Metionina Dig.	0,43	0,51	100	%
L-Lisina HCl	10,00	0,00	0,24	100,00	Metionina + Cistina Dig.	0,77	0,77	100	%
Premix Minerais	2,50	0,25	0,25	0,25	Triptofano Dig.	0,18	0,19	100	%
Premix Vitaminas	4,50	0,25	0,25	0,25	Treonina Dig.	0,70	0,70	100	%
Farinha de Ostras	1,00	0,00	0,00	0,00	Arginina Dig.	1,13	1,13	100	%
Bicar. sódioNaHCO3	10,00	0,00	0,00	100,00	Valina Dig.	0,83	0,83	100	%
Cloreto de K KCl	10,00	0,00	0,00	100,00	Isoleucina Dig.	0,72	0,74	100	%
Bicar. De K KHCO3	10,00	0,00	0,00	100,00	Leucina Dig.	1,17	1,70	100	%
Cloreto de Ca CaCl2	10,00	0,00	0,00	100,00	Histidina Dig.	0,39	0,48	100	%
Cloreto de Na NaCl	0,15	0,00	0,00	100,00	Fenilalanina Dig.	0,68	0,87	100	%
DL-Metionina	10,00	0,00	0,18	100,00	Fenilalanina + Tirosina Dig.	1,23	1,50	100	%
Carne e Ossos Far. -51%	1,00	0,00	0,00	0,00	Lisina Total	0,00	1,17	100	%
L Treonina	10,00	0,00	0,04	100,00	Metionina Total	0,00	0,53	100	%
Calcário Calcítico	0,14	0,00	0,67	100,00	Metionina + Cistina Total	0,00	0,85	100	%
					Ferro	0,00	64,56	1000	mg/kg
					Cobre	0,00	6,60	1000	mg/kg
					Zinco	0,00	323,37	1000	mg/kg
					Selênio	0,00	0,14	1000	mg/kg
					Co	0,00	0,00	1000	mg/kg
					I	0,00	0,00	1000	mg/kg
					Na+K-Cl (mEq)	0,00	141,38	1000	mEq
					Na+K (mEq)	0,00	245,78	1000	mEq
					Cl (mEq)	0,00	104,40	1000	mEq
					K+Cl (mEq)	0,00	261,01	1000	mEq
					Na (mEq)	0,00	89,17	1000	mEq
					K+ClNa =X	0,00	261,01	1000	mEq
					COLINA	1000,00	1228,44	10000	mg/kg

¹ Programa Prático para Formulação de Rações

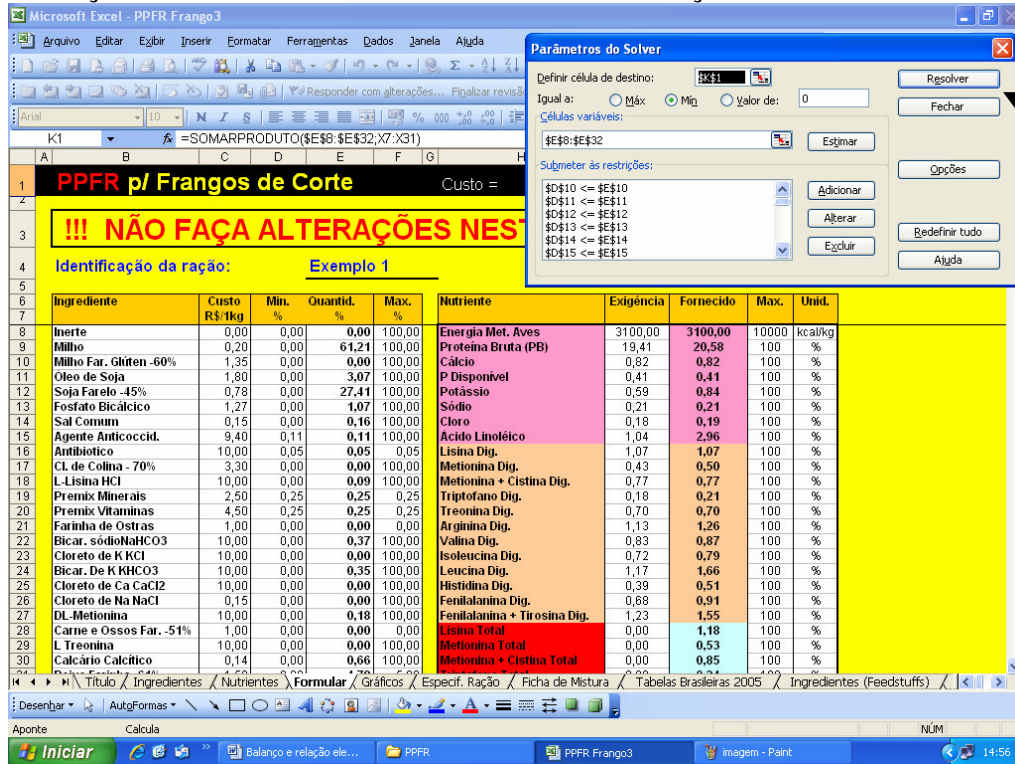
Para se obter a solução ótima no PPFR para as restrições do BE e RE, basta digitar o valor desejado (mínimo, máximo ou igual) na célula apropriada (Figura 6) e solicitar a formulação através da ferramenta “Solver” do software Excel (<http://www.norg.uminho.pt/aivaz/binaries/Aulas/mei/Excel.pdf>) (Figura 7, 8 e 9).

Figura 6. – Planilha do PPFR¹ com as células preenchidas para utilização para utilização da ferramenta Solver com ajuste de um balanço eletrolítico de 250 mEq/kg e uma relação eletrolítica de 3:1, com destaque para o atendimento do equilíbrio eletrolítico.

Especificação		Frangos de Corte Machos (M)											
Atual p/ Frangos de Corte		de Desempenho Regular (R)											
22-33 MM		Idade		1 a 7 MR		8 a 21 MR		22-33 MR		34-42 MR		43-46 MR	
Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
66	Na+K-Cl (mEq)	250,00	1000										
67	Na+K (mEq)	0,00	1000										
68	Cl (mEq)	0,00	1000										
69	K+Cl (mEq)	0	1000										
70	Na (mEq)	0	1000										
71	K+Cl/Na = X	0	0							X=		3	
72	COLINA	1000,00	10000							mg/kg			

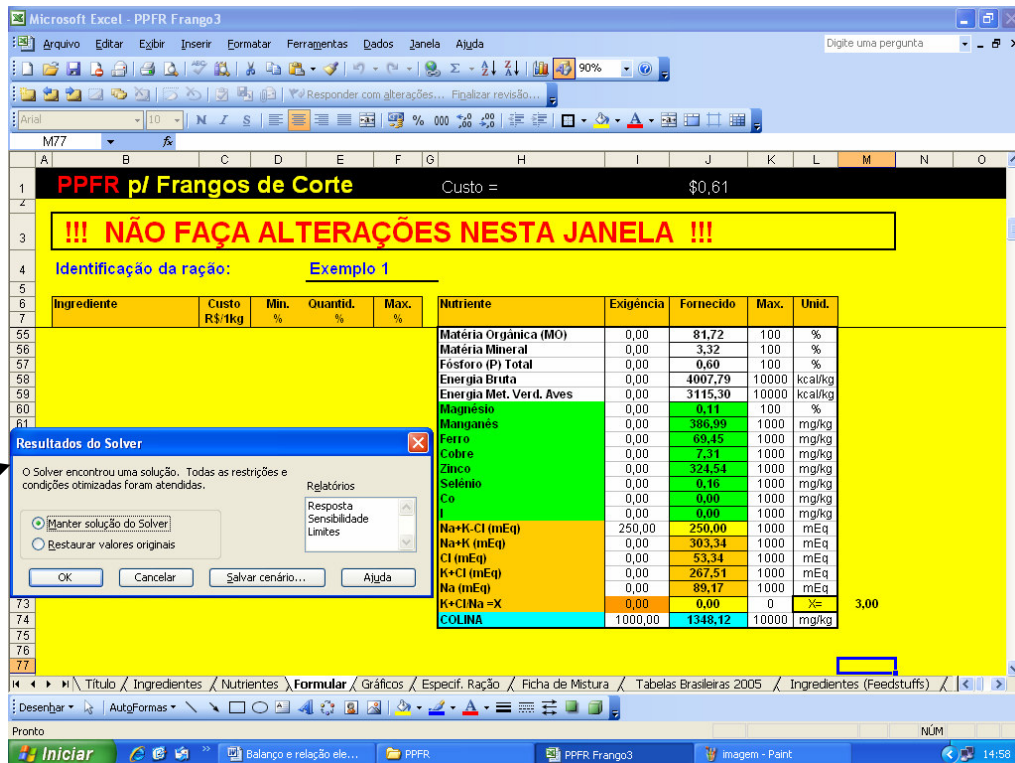
¹ Programa Prático para Formulação de Rações

Figura 7. Planilha e janela do programa PPFR preenchidas para utilização da ferramenta Solver em fase de formulação.



1 Programa Prático para Formulação de Rações

Figura 8. Planilha e janela do programa PPFR preenchidas com o resultado do Solver.



1 Programa Prático para Formulação de Rações

Figura 9. – Planilha do PPRF¹ com as células preenchidas para especificação mínima e máxima iguais a zero, sendo o valor estipulado para X=3.

Especificação		Frangos de Corte Machos (M)											
Atual p/ Frangos de Corte		de Desempenho Regular (R)											
	Idade	1 a 7		8 a 21		22-33		34-42		43-46			
	Units	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
54	Matéria Mineral	0	100										
55	Fósforo (P) Total	0	100										
56	Energia Bruta	0	10000										
57	Energia Met. Verd. Aves	0	10000										
58	Magnésio	0	100										
59	Manganês	0	1000										
60	Ferro	0	1000										
61	Cobre	0	1000										
62	Zinco	0	1000										
63	Selênio	0	1000										
64	Co	0	1000										
65	I	0	1000										
68	Na+K-Cl (mEq)	250,00	1000										
67	Na+K (mEq)	0,00	1000										
68	Cl (mEq)	0,00	1000										
69	K+Cl (mEq)	0	1000										
70	Na (mEq)	0	1000										
71	K+Cl:Na = X	0	0										
72	COLINA	1000,00	10000										

¹ Programa Prático para Formulação de Rações

Portanto, através de formulação das rações feitas com o uso da Planilha Eletrônica PPRF é possível verificar que para um BE de 150 ou 250 mEq/kg, a RE em torno de 3 mostra-se adequada (Figuras 1 e 2), entretanto para um BE de 350 uma definição visual mais favorável da relação eletrolítica fica comprometida pelo comportamento das concentrações dos elementos K, Na e Cl (Figura 3). Disto, surge a questão se o nível recomendado de 250 mEq/kg para BE, comum em muitas publicações, é devido ao melhor ajuste para o balanço eletrolítico ou porque, coincidentemente, para este valor a relação eletrolítica é também a mais favorável.

Quando a formulação é feita da maneira tradicional, a questão anterior fica mais evidente (Figura 4), onde pode ser observado que a melhor proporção entre os elementos K, Na e Cl é obtida com um BE de 250.

Especificamente para o cálculo da RE (Figura 10) deverá ser observado o artifício matemático utilizado para viabilizar a equação na Planilha Excel, para os ingredientes que apresentam a concentração zero (0) em Na. Este erro de divisão por zero faz o “EXCEL” exibir a mensagem “ #DIV/0! ” (“Divisão por zero”). Portanto para contornar esse valor inválido é necessário retirar o Na do divisor:

$$([K^+] + [Cl^-]) / [Na^+] = X$$

$$([K^+] + [Cl^-]) = X \times [Na^+]$$

e finalmente

$$([K^+] + [Cl^-]) - X \times [Na^+] = 0$$

Figura 10. – Planilha do PPFR¹ com as células preenchidas para viabilizar a formulação no Excel, com ingredientes que apresentam concentração zero (0) em sódio (Na).

	Na+K	Cl	K+Cl	Na	K+Cl/Na	COLINA
3					3	
5	Inerte	0,000	0,000	0,000	0,000	0
6	Milho	80,314	14,103	85,718	8,700	59,61902
7	Milho Far. Glúten 60%	37,599	14,103	47,353	4,350	34,30344
8	Óleo de Soja	0,000	0,000	0,000	0,000	0
9	Soja Farelo 45%	476,751	14,103	482,154	8,700	456,0557
10	Fosfato Bicalcico	0,000	0,000	0,000	0,000	0
11	Sal Comum	17268,528	16810,989	16810,989	17268,528	-34994,6
12	Agente Anticoccid.	0,000	0,000	0,000	0,000	0
13	Antibiótico	0,000	0,000	0,000	0,000	0
14	Cl. de Colina - 70%	0,000	0,000	0,000	0,000	0
15	L-Lisina HCl	0,000	5480,495	5480,495	0,000	5480,495
16	Premix Minerais	0,000	0,000	0,000	0,000	0
17	Premix Vitaminas	0,000	0,000	0,000	0,000	88000
18	Farinha de Ostras	112,572	2,821	28,397	86,995	-232,588
19	Bicar. sódioNaHCO3	11903,448	0,000	0,000	11903,448	-35710,3
20	Cloreto de K KCl	13414,399	13412,681	26827,081	0,000	26827,08
21	Bicar. De K KHCO3	9988,449	0,000	9988,449	0,000	9988,449
22	Cloreto de Ca CaCl2	0,000	18019,740	18019,740	0,000	18019,74
23	Cloreto de Na NaCl	17111,716	17110,119	17110,119	17111,716	-34225

¹ Programa Prático para Formulação de Rações

Conclui-se que, além de definir um valor apropriado para o BE, é imprescindível também ajustar a relação eletrolítica entre os elementos K, Na e Cl, obtendo assim uma formulação com balanço nutricional apropriado para frangos de corte, mas sem desencadear os transtornos metabólicos inerentes a essa criação, especialmente em condições de estresse calórico.

Este é o enfoque da presente revisão, que concilia uma planilha de cálculo (PPFR) compatível com a exigência de adequar a correta proporção entre K, Na e Cl de uma dieta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMAD, T.; SARWAR, M. Dietary electrolyte balance: implications in heat stressed broilers. **World's Poultry Science Journal**, v. 62, n.4, p. 638-653, 2006
- AUSTIC, R.E., KESHAVARZ, K. **Dietary electrolytes and eggshell quality**. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 1984, Syracuse. *Proceedings...* Syracuse, 1984. p.63-69.
- BENTON, C.E.; BALNAVE, D.; BRAKE, J. Review: The use of dietary minerals during heat stress in broilers. **The Professional Animal Scientist**. v. 14, p. 193-196, 1998.
- BERTECHINI, A. G., ROSTAGNO, H.S., SOARES, P.R., OLIVEIRA, A.I.G. Efeitos de programas de alimentação e níveis de energia da ração sobre o desempenho e a carcaça de frango de corte. **Rev. Soc. Bras. Zoot.** v. 20, n. 3, p. 267-280, 1991.
- BLISS, C.I. Analysis of field experimental data expressed in percentage. Institute of plant protection. **Plant Protection**, Lenin grad, v.12, n.1, p.67-77, 1937.
- BORGATTI, L.M.O.; ALBUQUERQUE, R.; MEISTER, N.C.; SOUZA, L.M.O.; LIMA, F.R.; TRINDADE NETO, M.A. Performance of broilers fed diets with different dietary electrolyte balance under summer conditions. **Brazilian Journal of Poultry Science**. v. 6, p. 153-157, 2004.
- BORGES, S.A. Aplicação do conceito de balanço eletrolítico para aves. In: **Conferência APINCO 2006 de Ciência e Tecnologia Avícolas**, Santos, Anais...,SP, 2006. p. 123-137.
- BORGES, S.A.; ARIKI, J.; MARTINS, C.L.; MORAES, V.M.B. Suplementação de cloreto de potássio para frangos de corte submetidos a estresse calórico. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 28, p. 313-319, 1999.
- BORGES, S.A.; MAIORKA, A.; SILVA, A.V.F. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Ciência Rural**, v. 33, p. 975-981, 2003.
- CAMPOS, E.J. Alternativas na alimentação de frangos de corte face ao desenvolvimento genético e métodos de criação. In: **I Seminário Técnico sobre manejo, nutrição e doenças das aves**. Belo horizonte. **Anais...**, MG, 1982. p.37-52.
- CERRATE, S.; GÓMEZ, C. Uso del bicarbonato de sodio em pollos de carne. Disponível em: http://tarwi.lamolina.edu.pe/~cgomez/uso_bicarbonato_sodio_pollos_carne.doc. Acesso em: 31 jul. 2008.
- COELLO, C.L.; MENOCA, J.A.; GONZÁLEZ, E.A. Síndrome metabólicas em frangos de corte. In: **Conferência APINCO 2008 de Ciência e Tecnologia Avícolas**, Santos, Anais...,SP, 2008. p. 263-278.
- COHEN, I.; HURWITZ, S. The response of blood ionic constituents and acid-base balance to dietary sodium, potassium and chloride in laying fowls. **Poult. Sci.**, v. 53, p. 378-383, 1974.
- COHEN, I.; HURWITZ, S.; BAR, A. Acid-base balance and sodium to chloride ratio in diets of laying hens. **J. Nutr.**, v. 102, p. 1-8, 1972.
- EDWARDS, H.M.Jr. Nutrition and skeletal problems in poultry. **Poultry Science**, v. 79, p. 1018-1023, 2000.
- FRANCO, J.R.G.; MURAKAMI, A.E.; SAKAMOTO, M.I.; MARTINS, E.N.; MOREIRA, I.; PEREIRA, M.A.S. Efeito dos ionóforos e do balanço eletrolítico da dieta sobre o desempenho e a incidência de discondroplasia tibial em frangos de corte na fase inicial. **R. Bras. Zootec.**, v. 33, p. 135-145, 2004.
- FURLAN, R.L. Influência da temperatura na produção de frangos de corte. In: **VII Simpósio Brasil Sul de Avicultura**, Chapecó, Anais...,SC, 2006. p.104-135.
- GARCIA NETO, M. **Aplicações Práticas com Solver em cálculo de rações para frangos de corte/Tabelas brasileiras 2005**. Disponível em: http://www.foa.unesp.br/downloads/file_detalhes.asp?CatCod=4&SubCatCod=138&FileCod=1436. Acesso em: 05 ago 2008.
- GEZEN, S.S.; EREN, M.; DENIZ, G. The effect of different dietary electrolyte balances on eggshell quality in laying hens. **Revue Méd. Vét.**, v. 156, p. 491-497, 2005.
- GONZALES, E.; MENDONÇA JÚNIOR, C.X. Problemas locomotores em frangos de corte. In: **VII Simpósio Brasil Sul de Avicultura**, Chapecó, Anais...,SC, 2006. p.79-94.
- GONZALEZ, FHD, HAIDA, KS, MAHL, D *et al.* Incidência de Doenças Metabólicas em Frangos de Corte no Sul do Brasil e Uso do Perfil Bioquímico Sanguíneo para o seu Estudo. **Rev. Bras. Cienc. Avic.**, Campinas, v.3, n.2, 2001. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-

635X2001000200002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 04 Aug 2008. doi: 10.1590/S1516-635X2001000200002

GONZALEZ-ESQUERRA, R.; LEESON, S. Physiological and metabolic responses of broilers to heat stress - implications for protein and amino acid nutrition. **World's Poultry Science Journal**, vol. 62, p. 282-295, 2006.

HALLEY, J.T.; NELSON, T.S.; KIRBY, L.K.; JOHNSON, Z.B. Effect of altering dietary mineral balance on growth, leg abnormalities and blood base excess in broiler chickens. **Poult. Sci.**, v. 66, p. 1684-1692, 1987.

HARA, Y., MAY, R.C.; KELLY, R.A.; MITCH, W.E. Acidosis, not azotemia, stimulates branched-chain, aminoacid catabolism in uremic rats. **Kidney Int.**, v.32, p.808-814, 1987.

HARMS, R.H., MORENO, R.S., DAMRON, B.L. Evidence for protein storage in laying hens and its utilization under nutritional stress. **Poultry Sci.**, v.50, n.2, p.592-595, 1971.

HAYDON, K.D.; WEST, J.W. Effect of dietary electrolyte balance on nutrient digestibility determined at the end of the small intestine and over the total digestive tract in growing pigs. **J. Anim. Sci.**, v. 68, p. 3687-3693, 1990.

HOOGE, D.M. Dietary electrolytes influence metabolic processes of poultry. **Feedstuffs.**, v.12, p. 14-21, 1995.

JOHNSON R.J.; KARUNAJEEWA, H. The Effects of Dietary Minerals and Electrolytes on the Growth and Physiology of the Young Chick. **J. Nutr.** 115: 1680-1690, 1985.

JUDICE, J.P.M.; BERTECHINI, A.G.; MUNIZ, J.A. et al. Balanço cátió-aniônico das rações e manejo alimentar para poedeiras de segundo ciclo. Lavras. **Ciência Agrotécnica**, v.26, n.3, p.598-609, 2002.

JUNQUEIRA, O.M.; COMARGO, B.; ARAUJO, L.F.; ARAUJO, C.S.D.; SAKOMURA, N.K. Effects of the source and levels of sodium, chloride and potassium and (Na plus K)/Cl ratio on performance and plasma blood characteristics of laying hens. **Braz. J. Anim. Sci.**, v.29, p. 1110-1116, 2000.

JUNQUEIRA, O.M.; MILES, R.D.; HARMS, R.H. Interrelationship between phosphorus, sodium and chloride in the diet of laying hens. **Poult. Sci.**, v. 63, p. 1229-1236, 1984.

LEACH, R.R.; NEISHEIM, M.C. Further studies on tibial dyschondroplasia (cartilage abnormality) in young chicks. **Journal of Nutrition**, v. 102, p. 1673-1680, 1972.

LEESON S., DIAZ G.J., SUMMERS J.D. *Metabolic Disorders And Mycotoxins*. University Books. Guelph, Ontario, Canada. 1995. 352p.

LEESON, S. Temas de interés presentes y futuros en nutrición de aves. In: **XXII Curso de Especialización Avances en Nutrición y Alimentación Animal**, Barcelona, Anais..., Barcelona, 2006, p. 143-150.

LEWIS, K.; LEITL, G.; HEINE, M. Influence of dietary potassium and sodium/potassium molar ratios on the development of salt hypertension. **The Journal of Experimental Medicine**, v. 136, p. 318-330, 1972.

LUTZ, J. Calcium balance acid-base status of women as affected by increased protein intake and by sodium bicarbonate ingestion. **Am. J. Clin. Nutr.**, v.39, p. 281-288, 1984.

MESCHY, F. Balance electrolítico y productividad en animales monogástricos. In: **XIV Curso de Especialización Avances en Nutrición y Alimentación Animal**, Barcelona, Anais..., Barcelona, 1998, p. 95-108.

MONGIN, P. Recent advances in dietary anion-cation balance: application in poultry. **Proc. Nutr. Soc.**, v. 40, p. 285-294, 1981.

MONGIN, P.; SAUVEUR, B. Interrelationships between mineral nutrition, acid-base balance, growth and cartilage abnormalities. In: *Growth and Poultry Meat Production, 1977*, Edinburgh. Proceedings...Edinburgh: **British Poultry Science**, p. 235-237, 1977.

MONGIN, P; SAUVEUR, B. Interrelationships between mineral nutrition, acid-base balance, growth and cartilage abnormalities. **Proceedings Poultry Science**. v.56, p. 235-247, 1977.

MOREIRA, J. Causas da ocorrência de carne PSE em frangos de corte e como controlá-las. In: **IV Seminário Internacional de Aves e Suínos – Avesui 2005 Qualidade da Carne de Aves: Enfoque à Industrialização 11,12 e 13 de maio de 2005 – Florianópolis – SC**, p. 71-118.

MURAKAMI, A.E.; OVIEDO-RONDON, E.O.; MARTINS, E.N.; PEREIRA, M.S.; SCAPINELLO, C. Sodium and chloride requirements of growing broiler chickens (twenty-one to forty-two days of age) fed corn-soybean diets. **Poultry Science**, v.80, p.289-294, 2001.

NOBAKHT, A.; SHIVAZAD, M.; CHAMANY, M.; SAFAMEHER, A.R. The Effects of Dietary Electrolyte Balance on Performance of Laying Hens Exposed to Heat - Stress Environment in Late

Laying Period. **International Journal of Poultry Science**, v. 5, n. 10, p. 955-958, 2006.

NRC. National Research Council. Nutrient requirements of poultry. 9th ed. Washington (DC): **National Academy Press**; 1994. 155p.

OLIVEIRA, E.C.O.; MURAKAMI, A.E.; FRANCO, J.R.G.; CELLA, P.S.; SOUZA, L.M.G. Efeito do balanço eletrolítico e subprodutos avícolas no desempenho de frangos de corte na fase inicial (1-21 dias de idade). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 25, p. 293-299, 2003.

PATIENCE, J.F. A review of the role of acid-base balance in amino acid nutrition. **J. Anim. Sci.**, v. 68, p. 398-408, 1990.

PATIENCE, J.F.; AUSTIC, R.E.; BOYD, R.D. Effect of dietary electrolyte balance on growth and acid-base status in swine. **J. Anim. Sci.** v. 64, p. 457-466, 1987.

PIZAURO JUNIOR, J.M.; CIANCAGLINI, P.; MACARI, M. Discondroplasia tibial: mecanismos e controle. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 4, p.169-185, 2002.

RATH, N.C.; HUFF, W.E.; BAYARI, G.R.; BALOG, J.M. Cell death in avian tibial dyschondroplasia. **Avian Diseases**, v.42, p-72-79, 1998.

REDDI, A.H. Initiation and promotion of endochondral bone formation by bone morphogenetic proteins: potential implications for avian tibial dyschondroplasia. **Poultry Science**, v.9, p.978-981, 2000.

REDDY, G.S.; JONES, G.; KOOH, S.W.; FRASER, D. Inhibition of 25-hydroxyvitamin D3-1-hydroxylase by chronic metabolic acidosis. **Am. J. Physiol.**, v. 243, p. 265-E271, 1982.

RIDDELL, C. Studies on the pathogenesis of tibial dyschondroplasia in chickens. II. Growth rate of long bones. **Avian Diseases**, v.19, p.490-496, 1975.

ROSS, J.G.; SPEARS, J.W., GARLICH, J.D. Dietary electrolyte balance effects on performance and metabolic characteristics in finishing steers. **J. Anim. Sci.**, v. 72, p. 1600-1607, 1994.

ROSTAGNO, H.S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 2005. 186p.

SAVEUR, B. Dietary factors as causes of leg abnormalities in poultry – a review. **World's Poult. Sci. J.**, v.40, p. 195-206, 1984.

SAVEUR, B.; MONGIN, P. Interrationships between dietary concentrations of sodium, potassium and chloride in laying hens. **Br. Poult. Sci.**, v.19, p. 475-485, 1978.

SOUZA, B.B.; BERTECHINI, A.G.; TEIXEIRA, A.S.; LIMA, J.A.F.; FREITAS, R.T.F. Efeito da suplementação de cloreto de potássio na dieta sobre o equilíbrio ácido-básico e o desempenho de frangos de corte no verão. **Ciênc. Agrotec.** v. 26, p. 1297-1304, 2002.

TALBOT, C.J. Sodium, potassium and chloride imbalance in broiler diets. **Proc. Nutr. Soc.**, v. 37, p. 53^A, 1978.

TEETER, R.G.; SMITH, M.O.; OWENS, F.N.; ARP, S.C.; SANGIAH, S.; BREAZILE, J.E. Chronic heat stress and respiratory alkalosis: occurrence and treatment in broiler chicks. **Poultry Science**, v. 64, p. 1060-1064, 1985.

THORP, B.H.; DUCRO, B.; WHITEHEAD, C.C. Avian tibial dyschondroplasia: the interaction of genetic selection and dietary 1,25-dihydroxycholecalciferol. **Avian Pathology**, v.22, p.311-324, 1993.

VIEITES, F. M.; MORAES, G.H.K.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; ATENCIO, A.; VARGAS JUNIOR, J.G. Balanço Eletrolítico e Níveis de Proteína Bruta sobre o Desempenho, o Rendimento de Carcaça e a Umidade da Cama de Frangos de Corte de 1 a 42 dias de Idade. **R. Bras. Zootec.**, v.34, n.6, p.1990-1999, 2005.

VIEITES, F.M.; MORAES, G.H.K.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; RODRIGUES, A.C.; SILVA, F.A.; ATENCIO, A. Balanço eletrolítico e níveis de proteína bruta sobre parâmetros sanguíneos e ósseos de frango de corte aos 21 dias de idade. **R. Bras. Zootec.**, v.33, p.1520-1530, 2004.

WALDROUP, P.W. Nutrient requirements of broilers. In: **Simpósio internacional sobre exigências nutricionais de aves e suínos**, Viçosa, Anais..., MG, 1996. p.55-63.

WILDMAN, C. D.; WEST, J. W.; BERNARD, J. K. Effects of Dietary Cation-Anion Difference and Potassium to Sodium Ratio on Lactating Dairy Cows in Hot Weather. **J. Dairy Sci.** v. 90, p. 970–977, 2007.

WOELFEL, R. L.; OWENS, C. M ; HIRSCHLER, E. M.; MARTINEZ-DAWSON, R.; SAMS, A. R. The Characterization and Incidence of Pale, Soft, and Exudative Broiler Meat in a Commercial Processing Plant. **Poultry Science**, v. 81, p.579-584, 2002.