



Nutri·Time

Revista Eletrônica

Vol. 18, Nº 06, nov/dez de 2021

ISSN: 1983-9006

www.nutritime.com.br

A Nutritime Revista Eletrônica é uma publicação bimestral da Nutritime Ltda. Com o objetivo de divulgar revisões de literatura, artigos técnicos e científicos bem como resultados de pesquisa nas áreas de Ciência Animal, através do endereço eletrônico: <http://www.nutritime.com.br>. Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

RESUMO

Os parâmetros bioquímicos são importantes indicadores do estado fisiológico dos animais, capaz de fornecer informações quanto ao funcionamento de órgãos, adaptação do animal diante de desafios nutricionais, fisiológicos e ambientais, desequilíbrios metabólicos e patologias. Portanto, objetivou-se buscar informações científicas, sobre os principais parâmetros bioquímicos analisados em frangos de corte e como esses resultados podem auxiliar nas interpretações quanto ao estado de saúde desses animais. Na elaboração do presente estudo foi realizada pesquisa bibliográfica sobre a análise bioquímica em frangos de corte, assim como as principais alterações observadas e possíveis diagnósticos. Conclui-se que apesar de termos muitas informações sobre a bioquímica em aves, ainda são necessárias pesquisas sobre a aplicação diagnóstica, sensibilidade, especificidade e valores preditivos positivos e negativos de analitos bioquímicos.

Palavras-chave: sangue, soro, enzimas, minerais.

Análises bioquímicas para frango de corte – revisão

Sangue, soro, enzimas, minerais.

Priscila Paula de Faria¹

Lídia Caroline Ferreira Cruz^{2*}

Stéfane Alves Sampaio³

Kelly Fernanda Borges⁴

Cibele Silva Minafra⁵

¹Mestre pelo Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia Goiano (IFG).

²Mestranda do curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia Goiano (IFG). *E-mail: lidiacruz@outlook.com.

³ Mestranda do curso de Pós-Graduação em Zootecnia, Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia Goiano (IFG).

⁴Acadêmica do curso de Zootecnia, Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia Goiano (IFG).

⁵Docente do Programa de pós-Graduação em Zootecnia, Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia Goiano (IFG).

BIOCHEMICAL ANALYSIS FOR BROILER CHICKEN - REVIEW

ABSTRACT

Biochemical parameters are important indicators of the animals' physiological status. Able to provide information regarding the functioning of organs, the adaptation of the animal to nutritional, physiological and environmental challenges, metabolic imbalances and pathologies. Therefore, this review aimed to seek scientific information about the main biochemical parameters analyzed in broilers and how these results can assist in the interpretations regarding the health status of these animals. In the preparation of this study, bibliographic research was carried out on the biochemical analysis in broilers, as well as the main changes observed and possible diagnoses. It is concluded that although we have a lot of information about biochemistry in birds, research is still needed on the diagnostic application, sensitivity, specificity and positive and negative predictive values of biochemical analytes.

Keyword: blood, serum, enzymes, minerals.

INTRODUÇÃO

A avicultura de corte no Brasil vem crescendo fortemente em decorrência dos avanços tecnológicos que levaram a redução da conversão alimentar, mortalidade e idade ao abate. Esses avanços estão relacionados ao melhoramento genético, sanidade, ambiência e nutrição animal. Em 2020 a produção de carne de frango no Brasil foi de 13,845 milhões de toneladas, o terceiro maior produtor de frangos de corte no ranking mundial com 14.120 milhões de toneladas. O Brasil é o maior exportador desta carne em todo o mundo, exportando 4,231 (ABPA, 2021; USDA, 2021).

A avaliação da bioquímica plasmática em aves permite a identificação de alterações metabólicas devido a vários fatores, incluindo tipo genético, condições de criação, idade, estado fisiológico e patologia. (RAJMAN et al., 2006). A bioquímica clínica é uma área que tem como objetivo principal a determinação de parâmetros bioquímicos e sua utilização no diagnóstico, tratamento, monitorização e ou prevenção de alguma determinada doença. A quantificação dos parâmetros bioquímicos do sangue reflete o que está ocorrendo em seu organismo naquele determinado período. Portanto, determinar estes valores enzimáticos no sangue é uma ferramenta importante para auxiliar no diagnóstico de doenças metabólicas (CARVALHO et al., 2013).

O perfil bioquímico das aves funciona como uma ferramenta que é usada para a pesquisa, trabalhos científicos e como técnica diagnóstica útil para a clínica aviária. Pode ser utilizada em casos relacionados a aves silvestres e de companhia. A principal dificuldade é que muitas vezes os dados são obtidos a partir de indivíduos e não de populações. Isso constitui um problema, pois o número pequeno de amostras pode diminuir a significância estatística dos resultados, visto que muitos parâmetros obtidos de indivíduos têm influência de fatores específicos como a idade, o sexo, o estado produtivo e o tipo de linhagem utilizada (MINAFRA et al., 2010; SANTOS et al., 2015).

Além do aspecto econômico, há crescente preocupação da sociedade com os aspectos relativos

ao meio ambiente e à qualidade de vida, surgindo assim, um desafio à avicultura de corte. Portanto, objetivou-se buscar informações científicas, sobre os principais parâmetros bioquímicos analisados em frangos de corte e como esses resultados podem auxiliar nas interpretações quanto ao estado de saúde desses animais.

SANGUE

O sangue de aves é composto principalmente por água, eletrólitos, proteínas, glicose, enzimas e hormônios. O sangue exerce diversas funções no organismo dos animais, como o transporte de nutrientes que foram absorvidos para os tecidos, transporta o material excretado das células até os órgãos, oxigenação dos tecidos e transporte do dióxido de carbono dos tecidos para os pulmões, auxilia na regulação da temperatura corporal e regula a concentração de água e de íons, além de defender o corpo contra microrganismos indesejados (VIEITES et al., 2011).

Os constituintes do sangue têm relação direta com a dieta que os animais são submetidos e influenciarão na composição do plasma podendo interferir diretamente no desempenho das aves (CALIXTO JUNIOR et al., 2010). Os valores sanguíneos refletem de modo fiel a situação metabólica dos tecidos animais, sendo possível a avaliação de alterações no funcionamento de órgãos, adaptação do animal diante de desafios nutricionais e fisiológicos, desequilíbrios metabólicos específicos ou de origem nutricional. Entretanto, para uma correta interpretação são necessários valores de referência apropriados para a espécie a serem analisadas (GONZÁLEZ & SCHEFFER, 2003).

METABÓLITOS E NUTRIENTES

Os processos metabólicos abrangem um conjunto de reações bioquímicas que ocorrem desde a ingestão até a excreção de produtos derivados. A principal função é a obtenção de energia química contida no alimento para o funcionamento do organismo. Estes processos bioquímicos são divididos em três constituintes principais dos alimentos, os carboidratos, as proteínas e os lipídios (KANEKO et al., 2008).

Proteínas

As proteínas plasmáticas estão agrupadas em duas grandes categorias, albumina e globulinas. Nas aves a maior fração proteica 40% a 60% é albumina que é sintetizada 100% no fígado, enquanto que as imunoglobulinas são produzidas por linfócitos B e plasmócitos (CAMPBELL, 2012). Dentre as principais funções destas moléculas estão a manutenção do volume sanguíneo por meio do efeito osmótico coloidal, a participação na manutenção do pH do sangue, o transporte de diversas substâncias como lipídeos e hormônios, a catalisação de reações químicas por meio das enzimas e a defesa do organismo por meio dos anticorpos (MELILLO, 2013).

As principais frações das proteínas do plasma sanguíneo são a pré-albumina, encontrada principalmente nos psitacídeos, a albumina, a alfa 1 globulina, a alfa 2 globulinas, a beta globulina e a gamaglobulina, sendo importantes para a análise de respostas inflamatórias na bioquímica clínica (KANEKO et al., 2008). Os valores das proteínas totais nas espécies aviárias costumam ser menores quando comparados com os dos mamíferos, variando de 2,5 a 4,5 g/dL (HARR, 2002). De forma geral, os principais fatores que afetam as concentrações das proteínas totais nas aves são: idade, sazonalidade, condições de criação (manejo) e doenças (LUMEIJ, 1997).

As principais causas de hipoproteinemia é a super-hidratação, diminuição da síntese de albumina ou globulinas, perda de proteínas associada a hemorragia, vasculite, nefropatia ou enteropatia (MELILLO, 2013). A albumina é comumente dosada para a avaliação da função hepática, estado nutricional, lesões no sistema digestório e hemorragias, variando de 0,8 a 2 g/dL (THRALL et al., 2012). Foi observados casos de hipoalbuminemia em aves com má digestão, má absorção, enteropatia ou nefropatia com perda de proteínas e doença hepática (CAPITELLI; CROSTA, 2013). Rajman et al. (2006) observaram que frangos de corte em situações de restrição alimentar tiveram síntese hepática de proteínas prejudicada, refletindo na diminuição das concentrações de proteína e albumina.

Em condições inflamatórias agudas ou crônicas, pode

ocorrer aumento na quantidade de proteínas totais, pela elevação das globulinas e diminuição da albumina. A diminuição da proporção albumina/globulinas pode ocorrer na inflamação, nas peritonites, aspergilose, psitacose e tuberculose, nefropatias e insuficiência hepática (JONES, 1999).

A elevação das proteínas também pode indicar aumento na síntese de globulinas, mas nesta situação a razão albumina/globulinas estará diminuída. Em geral a hiperproteinemia deve ser avaliada em conjunto com o valor do hematócrito. A elevação de ambos indica desidratação e, nesta situação, a razão albumina/globulinas será normal (CAPITELLI & CROSTA, 2013; MELILLO, 2013).

Ácido úrico

O ácido úrico é o principal produto de resíduos nitrogenados das aves, produzido e secretado predominantemente pelo fígado, mas também em menor parte pelo rim e pâncreas. Ele apresenta menos toxicidade do que outros metabólitos, como a amônia e a ureia. As concentrações de ácido úrico no sangue são levemente afetadas pelo estado de hidratação, mas refletem a capacidade funcional dos túbulos renais proximais. Sendo assim é o principal resultado laboratorial usado para identificar possíveis doenças renais em aves (SCOPE & SCHWENDENWEIN, 2020).

As concentrações de ácido úrico podem ser influenciadas pela idade, com valores maiores nos animais mais jovens, com a dieta, sendo maiores nos alimentos com maiores teores proteicos ou ainda em alterações fisiológicas ou metabólicas (CAPITELLI; CROSTA, 2013). Em geral o aumento do ácido úrico no sangue superior a 15 g/dL indica lesões renais severas que podem ser ocasionadas pelo uso de antibióticos aminoglicosídeos, toxicidade por chumbo, obstrução do trato urinário, nefrite, nefrocalcinose e nefropatia associada à hipovitaminose A. Também pode elevar após ingestão de dietas hiperproteicas, necrose tecidual grave ou desnutrição, pois aceleram o catabolismo de proteínas (RAJMAN et al., 2006).

Segundo Lin et al. (2004) o uso de corticoides por longos períodos em frangos de corte provocou elevação significativa das concentrações de ácido

úrico no plasma, ligado ao catabolismo proteico que se refletiu na perda de massa corporal. O aumento do ácido úrico no plasma é um importante indicativo de estresse oxidativo em aves (SHUKLA et al., 2018). Segundo Huff et al. (2008) houve aumento significativo na concentração de ácido úrico no plasma de perus que sofreram por estresse de transporte.

Quando a concentração plasmática de ácido úrico excede a solubilidade do urato de sódio, o ácido úrico precipita nos tecidos, especialmente na articulação sinovial e na superfície visceral e causa gota. Nesses casos, os níveis de ácido úrico no sangue aumentam bastante e resultam em disfunção renal grave (CAPITELLI & CROSTA, 2013). Condições de dano hepático severo estão relacionadas com a hipouricemia, devido à diminuição da produção de ácido úrico (VILA, 2013).

Ureia

O ciclo da ureia aviária é restrito principalmente aos processos de desintoxicação renal e não à excreção de resíduos nitrogenados. O nitrogênio da ureia no sangue tem pouco valor na detecção de doença renal, mas pode se considerar como um indicador sensível de hidratação e uma variável útil para detectar causas pré-renais de comprometimento renal em aves (SCOPE & SCHWENDENWEIN, 2020).

A razão ureia para ácido úrico pode ser útil para diferenciar desidratação, efeitos pós-prandiais e patologias renais. Essa proporção, além de ser um indicador do estado de desidratação, também pode ser útil como indicador do fluxo de fluidos urinários, sendo acentuadamente aumentada nos casos de insuficiência renal com fluxo urinário reduzido (CAPITELLI & CROSTA, 2013).

Creatinina

A creatinina é um subproduto metabólico da quebra da fosfocreatinina no músculo esquelético. Seus níveis são diretamente proporcionais à massa muscular e inversamente relacionados à idade. Comparando diferentes espécies de aves, os valores de creatinina normais são constantes entre 0,1 e 0,4 mg/dL independentemente da massa muscular (VILA, 2013). Rajman et al., 2006 observaram em

estudos com frangos que não existe correlação entre idade e creatinina.

Níveis elevados são raros e ocorrem em doença renal grave. As estimativas de rotina desse constituinte têm um baixo valor diagnóstico na medicina aviária (CAPITELLI & CROSTA, 2013).

Amônia

A amônia, conhecida por ser tóxica para os animais, é um produto metabólico da degradação de aminoácidos no intestino pela ação de ureias bacterianas. É absorvido e convertido em ácido úrico no fígado das aves. A supressão da atividade de enzimas bacterianas e da produção de amônia é benéfica para melhorar a saúde e o desempenho do crescimento dos animais (DIBNER & RICHARDS, 2005).

O aumento de amônia geralmente é observado em aves de produção intoxicadas com gases de amônia e em pacientes com doença hepática. Porém, a concentração de amônia no sangue não foi avaliada quanto à relevância diagnóstica em espécies aviárias. Alterações ácido-base podem resultar em aumento da concentração de amônia nas aves (HARR, 2002).

Bilirrubinas

As bilirrubinas não são indicadores de distúrbios hepatobiliares nas aves, pois estas possuem pequena quantidade da biliverdina redutase, assim, o pigmento biliar primário é a biliverdina. Desta forma, a icterícia é rara. Entretanto, já foi diagnosticada icterícia clínica em patos e araras. Neste caso, provavelmente, houve a redução de biliverdina para bilirrubina por enzimas hepáticas inespecíficas ou por bactérias (SHIMIDT et al., 2007).

A coloração amarelada do plasma ou soro das aves está associada com pigmentos carotenóides provenientes da dieta e não deve ser confundido como bilirrubinemia. A presença de biliverdina é observada quando o soro ou o plasma apresentam coloração esverdeada, que reflete doença hepatobiliar severa. Não se faz a dosagem de biliverdina porque é um pigmento instável e muito sensível à degradação pela luz. (CAMPBELL, 2012).

A dosagem de bilirrubina geralmente é realizada com

fins de pesquisa e necessita de técnica por cromatografia líquida de alta performance, o que limita o seu uso nos laboratórios clínicos convencionais (HARR, 2002).

Ácidos biliares

Os ácidos biliares são sintetizados no fígado a partir do colesterol, excretados na bile, reabsorvidos pelo intestino para a circulação portal e removidos do sangue pelos hepatócitos. A determinação de ácidos biliares é um teste sensível para a função hepática em algumas espécies de aves (SHIMIDT et al., 2007).

Aves saudáveis apresentam pequena quantidade de ácidos biliares no sangue periférico. No entanto, os ácidos biliares primários das aves são o ácido quenodesoxicólico, ácido cólico e ácido alocólico. As concentrações de ácidos biliares no jejum são mais baixas do que nas condições pós-prandiais. A concentração de ácidos biliares pós-prandial não varia entre as espécies de aves com ou sem vesícula biliar (CAMPBELL, 2012).

Recomenda-se jejum de 12 horas para a dosagem de ácidos biliares, mas em algumas espécies a variação do tempo de esvaziamento do papo torna a amostragem pós-prandial difícil. O aumento da concentração de ácidos biliares no jejum sugere alterações hepáticas, no seu armazenamento, excreção ou na perfusão do fígado (SHIMIDT et al., 2007). Baixas concentrações plasmáticas de ácidos biliares foi descrita em situações de doença hepática crônica e cirrose. Também pode ser comum em aves com má formação de penas e sobre crescimento do bico (VILA, 2013).

Colesterol

O colesterol é sintetizado por vários tecidos, porém o fígado é o principal órgão de síntese do organismo. É um precursor importante dos ésteres de colesterol, dos ácidos biliares e dos hormônios esteroides. É excretado na forma de ácidos biliares, o aumento pode estar relacionado à obstrução biliar, fibrose hepática e hiperplasia do ducto biliar, entre outras causas como a lipemia, alto teor de gordura na dieta e hipotireoidismo (THRALL et al., 2012).

A elevação do colesterol sérico pode não estar relacio-

onada com alterações patológicas e ser apenas resposta da produção de esteroides no metabolismo lipídico para a produção de hormônios sexuais ou pela dieta (VILLA, 2013). A hipocolesterolemia geralmente ocorre em doenças hepáticas graves, má absorção, má digestão e inanição. As concentrações plasmáticas para a maioria das espécies de aves variam de 100 a 250 mg/dL (LUMEIJ, 1997).

Triglicerídeos

Os triglicerídeos têm função importante como reserva de energia para o organismo animal. Possui vantagem sobre os carboidratos devido ao seu caráter hidrofóbico, ou seja, sem moléculas de água adsorvidas, o que torna o peso da reserva menor. Além disso, sua oxidação libera 9,3 kcal/g de energia, enquanto que os carboidratos e as proteínas liberam 4,1 kcal/g (NELSON & COX, 2014).

As variações nas concentrações de triglicerídeos no sangue estão associadas à dieta, ao sexo e aos fatores hormonais. A falta de controle da alimentação de matrizes das linhagens modernas de frango de corte pode desencadear problemas reprodutivos associados à obesidade, como baixa produção de ovos, maior incidência de ovos de duas gemas e alta mortalidade (VILA, 2013). Redução no nível de triglicerídeos no plasma foi observado em frangos transportados sob elevada densidade animal devido ao maior consumo de energia pelas aves (DELEZIE et al., 2007).

Lactato

O lactato é produzido durante o metabolismo anaeróbico no músculo e é metabolizado no fígado. Na falta de oxigênio as concentrações de lactato aumentam porque a taxa de produção de piruvato supera a utilização deste pela mitocôndria. Consequentemente o acúmulo de piruvato no citoplasma será oxidado pela via anaeróbica, produzindo lactato como produto. Este composto é indicativo de hipóxia celular (BURGDORF-MOISUK et al., 2012).

Alterações no lactato podem ser observadas nos casos de taxa glicolítica elevada, anomalias mitocondriais, resposta por estímulos estressantes, sobretudo estresse agudo associado à contenção e

o transporte. Podem ocorrer devido ao aumento da produção ou pela diminuição do metabolismo pelo fígado, rins e coração. (HARMS & HARMS, 2012).

Glicose

A concentração sanguínea de glicose em aves saudáveis varia de 200 a 500 mg/dL, e de acordo com o ritmo circadiano, até 800 mg/dL em beija-flores. Os teores normais de glicose são mantidos pela glicogenólise hepática durante períodos curtos de jejum. Períodos prolongados de jejum de até 8 dias em aves saudáveis, não diminuem a utilização de glicose, como nos mamíferos. Durante o jejum, a perda de energia está relacionada com a depleção de gorduras e mobilização de proteínas, resultando em perda de peso, que pode ser observada pela redução da massa muscular peitoral (CAMPBELL, 2012).

Como nos mamíferos, o metabolismo da glicose nas aves é regulado pela insulina e pelo glucagon. Todavia, o glucagon parece interferir de forma significativa nesse metabolismo, o que pode ser explicado pelo fato de que aves granívoras apresentam abundância de células alfa no pâncreas e uma menor proporção insulina : glucagon em relação aos mamíferos (LUMEIJ, 1997).

A hipoglicemia é observada quando os teores de glicose caem para menos de 200 mg/dL, e resulta de jejum prolongado, doença hepática severa, septicemia ou distúrbios endócrinos. A demora na separação do soro ou plasma das células não diminui de forma significativa a concentração de glicose como nos mamíferos, pois os eritrócitos das aves utilizam ácidos graxos e não glicose para seu metabolismo. A hiperglicemia é caracterizada por concentrações de glicose acima de 500 mg/dL, e ocorre em diabetes mellitus, aparentemente associado com excesso de glucagon por tumores pancreáticos e pancreatites, liberação de catecolaminas e excesso de glicocorticoides por estresse ou administração de corticosteróides (LUMEIJ, 1997; CAMPBELL, 2012).

O aumento do nível de glicose durante o transporte de curta duração ocorre devido à oferta de glicogênio hepático, porém Zhang et al. (2009) relata que houve a diminuição do nível de glicose após três horas de transporte devido ao esgotamento do glico-

gênio do fígado. Quando a reserva de glicogênio se esgota para compensar a escassez de glicose, os pássaros começam a utilizar gordura e proteína que leva ao aumento do ácido graxo não esterificado (SHUKLA et al., 2018).

ANÁLISES ENZIMÁTICAS

As enzimas estão localizadas dentro da célula animal, podendo ser encontradas no citoplasma, nas mitocôndrias, no núcleo ou na membrana celular. Nos casos de lesão celular, as enzimas citoplasmáticas serão as primeiras a serem liberadas no plasma, enquanto que as mitocondriais somente nos casos da morte celular (LUMEIJ, 1997). Os valores elevados de uma enzima sugerem o nível de lesão do órgão e não quanto a função (CAPITELLI & CROSTA, 2013).

Alterações na atividade enzimática dependem de fatores como a taxa de liberação, produção, eliminação do plasma e quantidade de cada um dentro dos tecidos. O conhecimento de tais características auxilia o diagnóstico (LUMEIJ, 2008).

Alanina aminotransferase (ALT)

A ALT está presente em alta concentração no rim, coração, musculatura esquelética, fígado e pulmão, sendo, portanto, controversa relacionar alterações da ALT com doenças hepáticas nas aves (REZENDE, 2017). Falsas elevações da ALT no plasma ocorrem em caso de hemólise, pois a atividade desta enzima nas hemácias é 1,6 vezes maior que no plasma. Também pode ser observado por variações fisiológicas, elevando os valores com a idade e também com a estação do ano em aves de rapina, independentemente da atividade reprodutiva (THRALL et al., 2012).

A concentração sérica da ALT nas aves pode estar elevada em decorrência de dano em múltiplos tecidos, dificultando a interpretação (GRUNKEMEYER, 2010). Geralmente as aves com lesão hepática severa apresentam valores normais de ALT, demonstrando que a atividade desta enzima no tecido hepático de algumas espécies é reduzida. A maioria das espécies de aves apresentam valores séricos variando de 19 a 50 UI/L (LUMEIJ, 1997; CAMPBELL, 2012).

Aspartato aminotransferase (AST)

A AST tem distribuição ampla nas aves, estando presente em elevada concentração em vários órgãos e tecidos, principalmente no coração, fígado, musculatura esquelética, rim e cérebro. No entanto, há variação de distribuição entre as espécies aviárias, não podendo ser considerada como uma enzima hepato-específica, pois verifica-se também grande sensibilidade muscular (BARBOSA, 2011).

Valores de AST acima de 275 UI/L sugerem aumento da sua atividade, que pode estar relacionado a distúrbios hepáticos ou musculares. Os valores de AST acima de 800 UI/L são altamente sugestivos de dano hepático severo, principalmente na presença de biliverdinúria ou biliverdinemia (CAMPBELL, 2012).

A atividade da AST é considerada como um marcador sensível, mas não específico de distúrbio hepatocelular na maioria das aves, e deve ser mensurada juntamente com uma enzima músculo-específica como a creatina quinase (CK), para que seja possível diferenciar dano hepático ou muscular. Outras possíveis causas de elevações desta enzima são as deficiências de vitamina E, selênio, metionina, intoxicação por pesticidas e tetracloreto de carbono (REZENDE, 2017).

Glutamato desidrogenase (GLDH)

A glutamato desidrogenase (GLDH) está presente nas mitocôndrias dos hepatócitos e é considerada como o marcador mais específico de distúrbios hepatocelulares nas aves, apesar de não ser rotina a dosagem desta enzima. Outros tecidos também apresentam atividade da GLDH, como cérebro e rins de pombos, galinhas, patos, perus e periquitos (LUMEIJ, 1997). Há alta atividade de GLDH no tecido renal, por isso, a maior parte da enzima é excretada diretamente na urina e dificilmente atinge o sangue. A atividade plasmática de GLDH é aumentada apenas quando há necrose hepática, sendo assim, apresenta baixa sensibilidade (HARR, 2002). A GLDH possui meia-vida mais curta que a AST e ALT; teores maiores do que 10 UI/L indicam necrose hepática. A magnitude do aumento é proporcional à severidade da injúria hepatocelular (THRALL et al., 2012).

Lactato desidrogenase (LD)

A atividade da enzima lactato desidrogenase (LD) não é específica para distúrbio hepatocelular nas aves. O aumento de seus teores plasmáticos geralmente está associado a distúrbios hepatocelulares ou musculares (CAMPBELL, 2012). Os eritrócitos das aves têm alta atividade da LD, assim, a hemólise resulta em teores elevados de LD no plasma. Em relação à AST e ALT, a atividade plasmática da LD aumenta e diminui mais rápido após danos hepáticos ou musculares. Galinhas têm maior atividade da LD na musculatura esquelética, no miocárdio, fígado e pulmão (SHIMIDT, 2007).

Creatina quinase (CK)

A creatina quinase (CK) é uma enzima intracelular músculo específica utilizada para avaliar danos na integridade da membrana muscular das aves. A concentração sérica normal nas aves varia de 100 a 500 UI/L. Valores séricos acima desse intervalo fisiológico podem indicar distúrbios musculares, intoxicação por chumbo, septicemias, miopatias por deficiência de vitamina E e selênio (CAMPBELL, 2012).

Os danos ao tecido muscular podem ocorrer por trauma, injeção intramuscular de líquidos irritantes ou infecções sistêmicas que afetam os músculos esqueléticos ou cardíacos. A dosagem da CK é importante na comparação com a atividade da AST com o intuito de diferenciar lesão muscular da lesão hepatocelular (CAPITELLI, 2013).

Quando ocorre aumento da atividade da AST, CK e LD lesão a nível muscular deve ser considerada. Porém nesses casos o aumento da CK é mais pronunciado em relação a essas outras enzimas. No caso de uma lesão hepatocelular preexistente, poderá haver aumento na atividade da AST e CK, levando a erros de interpretação. Considerando que a AST plasmática tem uma meia-vida mais longa que a CK, é certo que a atividade da CK retornará ao normal antes da AST (CAPITELLI, 2013).

Gama-glutamilttransferase (GGT)

A GGT é uma enzima de membrana e está associada a vários tecidos como rins, epitélio biliar, cérebro e intestino de aves. É mais específica ao epitélio biliar em aves que em mamíferos e o aumento é mais plausível em condições colestáticas

e nas desordens do epitélio biliar, não sendo sensível apenas nos danos hepatocelulares (HARR, 2002).

Mesmo com maior atividade constatada nos rins, a GGT não se eleva na doença renal de aves porque a enzima é excretada na urina. O aumento dos níveis da GGT sanguínea indica lesão hepática ativa, porém, níveis normais não garantem o funcionamento normal do fígado (CAMPBELL 2012).

HARR (2002) cita elevações significativas da atividade da GGT em aves com carcinoma de ductos biliares, condições de colestase ou problemas do epitélio biliar. Em condições normais, os valores de GGT variam de 0-10 UI/L. Os valores de referência para a enzima podem alterar de acordo com a metodologia empregada.

Fosfatase alcalina (FA)

A atividade da fosfatase alcalina está ligada, principalmente, com o metabolismo do cálcio e fósforo, participando das atividades condrogênicas e osteoblásticas, sendo um ponto chave no crescimento das aves. Esses animais também apresentam produção dessa enzima nos pulmões, tecidos músculo esquelético, testículos, rins, músculo cardíaco e pouca produção no fígado. O aumento da atividade sérica de FA não se deve ao extravasamento da enzima, mas sim à maior produção celular (RAJMAN et al., 2006).

Por estar associada ao metabolismo do cálcio e fósforo e com participação nas atividades osteoblásticas e condrogênicas, o aumento da FA estará relacionado ao crescimento ósseo, consolidação de fraturas, osteomielite, neoplasia, hiperparatireoidismo nutricional secundário, fase de pré-ovulação e calcificação medular em galinhas. Há muitos métodos para determinar a sua atividade, dificultando a comparação de resultados entre laboratórios, ocorrendo bastante discordância entre os autores em relação a utilização dos níveis de fosfatase alcalina circulante como indicativo de doença hepática (CAMPBELL, 2012).

Amilase

Nas aves a amilase tem procedência pancreática, hepática ou do intestino delgado correspondendo a cada um destes órgãos uma isoenzima específica.

Por isso não é uma enzima específica (VILA, 2013). A atividade da amilase pode se elevar tanto na injúria pancreática como em outras patologias. A toxicose por zinco pode levar a pancreatite e se observa uma correlação positiva entre o aumento dos níveis tóxicos e a atividade da amilase (CAPITELLI & CROSTA, 2013). A lipase é outra enzima pancreática com função de digestão dos ácidos graxos da dieta. Aumentos na atividade dessa enzima junto com a amilase se tornam um bom indicador da pancreatite aguda (VILA, 2013).

MINERAIS

O rim aviário é responsável pela regulação eletrolítica, mas não pode concentrar sódio ou outros eletrólitos em níveis muito superiores ao normal. É aceitável supor que os distúrbios eletrolíticos possam se desenvolver em aves com doença renal, mas o efeito das doenças renais nos eletrólitos plasmáticos tem sido pouco estudado em aves. A interpretação adequada dos resultados da bioquímica clínica também depende do manuseio correto da amostra. Por exemplo, a hiperfosfatemia pode ser causada por micro-hemólise. Pode ocorrer uma diminuição significativa nas concentrações plasmáticas de potássio se o sangue for armazenado à temperatura ambiente. É recomendado a imediata separação do plasma após a coleta (SCOPE, 2020).

Potássio

As concentrações de potássio podem aumentar ou diminuir, se as amostras de sangue não se separarem imediatamente e o grau de alterações artefatos depende das espécies. Nas araras, os níveis de potássio nas amostras de sangue aumentam em aproximadamente 30% em 4 horas. Valores reduzidos têm sido associados à diarreia crônica, fome e alcalose. A hipercalemia verdadeira é possível na doença renal, acidose e necrose tecidual grave (CAPITELLI, 2013).

Sódio

O sódio é o principal eletrólito osmoticamente ativo no plasma e na urina das aves. Após a dieta é absorvido no trato intestinal, transportado para os rins e excretado por filtração glomerular. De acordo com a necessidade de sódio das aves, ele pode ser reabsorvido no plasma ou secretado pelos túbulos renais e depois excretado (VILA, 2013).

A hiponatremia (<130 mEq / L) pode estar associada a uma perda excessiva de sódio, como na doença renal e diarreia, ou com hidratação excessiva, como polidipsia ou fluidos intravenosos iatrogênicos com baixo sódio. A hipernatremia (> 160 mEq / L) é vista raramente com ingestão excessiva de sal na dieta, desidratação devido à diminuição da ingestão de água ou aumento da perda de água, como diarreia, insuficiência renal ou, raramente, diabetes insípido (CAPITELLI, 2013).

Cálcio

O cálcio é o mineral de maior concentração no organismo da ave, sendo parte relevante na formação dos ovos, da casca do ovo, além de participar de muitas reações bioquímicas importantes. Os valores totais de cálcio aviário podem ser muito mais altos em circunstâncias fisiológicas normais do que seriam tolerados por um mamífero (REZENDE et al., 2017). Esse mineral atua na manutenção da atividade elétrica, sendo também um componente estrutural importante nos ossos. Cerca de metade do cálcio plasmático é encontrada na forma livre, como porção ativa de cálcio (cálcio iônico), enquanto a outra metade encontra-se inativa, ligada à albumina, que é a forma geralmente mensurada (KERR, 2003).

O controle do metabolismo do cálcio é complexo e efetuado por diversas substâncias, mas tem a maior parte fundamentada em uma tríade formada pelo paratormônio (PTH), calcitonina e calciferol (vitamina D3). O sistema endócrino renal associado com a vitamina D está relacionado com o aumento da absorção intestinal de cálcio durante o ciclo ovulação-oviposição de galinhas poedeiras. Nas aves os valores de cálcio variam entre 8 a 12 mg/dL, mas aves em postura apresentam valores de 20 a 40 mg/dL. O cálcio para a formação da casca do ovo é derivado da absorção intestinal e da mobilização óssea, com os valores de cálcio ionizado, nestes casos, permanecendo inalterado (CAMPBELL, 2012).

O aumento das concentrações de cálcio iônico ocorre em respostas vacinais, pois o reconhecimento do antígeno feito pelas células T receptoras é mediado pela ativação da calcineurina. Este efeito foi observado em frangos

de corte vacinados contra a coccidiose. Elevação das concentrações séricas de cálcio também é observada em dietas com excesso de vitamina D3 e em condições neoplásicas que provocam lesões ósseas. Valores de cálcio sérico inferiores a 6 mg/dL resultam em tetania, principalmente em aves submetidas a estresse. Os distúrbios renais podem causar diminuição do cálcio sérico pela perda de proteínas, que leva a hipoalbuminemia ou pela diminuição da reabsorção do cálcio (SCHIMIDT et al., 2007).

Fósforo

O fósforo, assim como o cálcio, é parte importante na formação dos ossos e tem participação na regulação do metabolismo acidobásico e na produção de energia. Essa última função, em virtude da presença de grandes quantidades de compostos fosfatados nas hemácias, confere às aves a baixa afinidade com o oxigênio, oferecendo vantagem para a regulação do transporte do oxigênio (REZENDE et al., 2019). A concentração de fósforo plasmático é mantida principalmente por excreção renal. Aves jovens têm um nível normal de fósforo no plasma mais alto que os adultos, tendo seu valor sérico variando de 5 a 7 mg/dL em condições normais (THRALL et al., 2012).

A hipofosfatemia é indicada por níveis sanguíneos inferiores a 5 mg/ dL, que pode ocorrer pela deficiência de vitamina D3, terapia de longa duração com corticosteroides e períodos prolongados de jejum. A hiperfosfatemia é indicada por concentração de fósforo superior a 7 mg/dL e resulta de distúrbio renal severo pela diminuição da filtração glomerular, excesso de vitamina D3 que leva ao aumento da absorção intestinal de fósforo e pelo excesso de fósforo na dieta (LUMEIJ, 1997; CAMPBELL, 2004). Os falsos aumentos podem ser atribuídos à hemólise e quando o sangue total não é separado pode levar a um vazamento de fósforo intracelular no plasma (CAPITELLI; CROSTA, 2013).

A correlação entre os valores séricos de cálcio e fósforo pode ser expressa com a razão entre os dois. Aumentos desta razão em perdizes em oviposição relacionaram-se com a diminuição de 70% na probabilidade de sobrevivência dos filhotes. Assim, estes componentes são interdependentes sendo que

a falta ou excesso de um deles pode prejudicar a absorção ou utilização do outro (REZENDE, 2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há muita pesquisa e literatura sobre a bioquímica clínica de aves, porém ainda são necessárias pesquisas sobre a aplicação diagnóstica, sensibilidade, especificidade e valores preditivos positivos e negativos de análises bioquímicas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. Associação Brasileira de proteína Animal. **Relatório anual 2021**. Disponível em: <http://abpa-br.org/abpa-lanca-relatorio-anual-2021/>. Acesso em: 04 set. 2021.

BURGDORF-MOISUK, A.; WACK, R.; ZICCARDI, M.; LARSEN, R. S.; HOPPER, K. Validation of lactate measurement in American flamingo (*Phoenicopterus ruber*) plasma and correlation with duration and difficulty of capture. **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, vol. 43, p.450-458, 2012.

CAMPBELL, T. W. **Veterinary hematology and clinical chemistry**. 2. ed. Wiley-Blackwell, 2012.

CAPITELLI, R. & CROSTA, L. Overview of psittacine blood analysis and comparative retrospective study of clinical diagnosis, hematology and blood chemistry in selected psittacine species. **Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice**, vol. 16, p.71-120, 2013.

CARVALHO, C. C.; RAMOS, J. A.; RAMEH-DE-ALBUQUERQUE, L. C.; SILVA, M. A.; SOUSA, E. L.; LUSTOSA, D. A.; SOARES, P. C. Perfil hematológico, bioquímico sérico, proteína C reativa e cortisol de ararajubas (*Guaroba guarouba*) mantidas em cativeiro. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, vol. 33, p.394-398, 2013.

DELEZIE, E.; SWENNEN, Q.; BUYSE, J.; DECUYPERE, E. The effect of feed withdrawal and crating density in transit on metabolism and meat quality of broilers at slaughter weight. **Poultry Science**, vol. 86, p.1414-1423, 2007.

DIAZ GONZALEZ, F. H. & SCHEFFER, J. L. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional. *In*: SIMPÓSIO DE PATOLOGIA CLÍNICA VETERINÁRIA, 1., 2003, Porto Alegre.

DIBNER, J. J. & RICHARDS, J. D. Antibiotic growth

promoters in agriculture: history and mode of action. **Poultry Science**, vol. 84, p.634-643, 2005.

GRUNKEMEYER, V. L. Advanced diagnostic approaches and current management of avian hepatic disorders. **Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice**, vol. 13, p.413-427, 2010.

HARR, K. E. Clinical chemistry of companion avian species: a review. **Veterinary Clinical Pathology**, vol. 31, p.140-151, 2002.

HARMS, C. A. & HARMS, R. V. Venous blood gas and lactate values of mourning doves (*Zenaidura macroura*), boat-tailed grackles (*Quiscalus major*), and house sparrows (*Passer domesticus*) after capture by mist net, banding, and venipuncture. **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, vol. 43, p.77-84, 2012.

HUFF, G. R.; HUFF, W. E.; RATH, N. C.; ANTHONY, N. B. & NESTOR, K. E. Effects of *Escherichia coli* challenge and transport stress on hematology and serum chemistry values of three genetic lines of turkeys. **Poultry science**, vol. 87, p.2234-2241, 2008.

JONES, M. P. Avian clinical pathology. **Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice**, vol. 2, p.663-687, 1999.

JUNIOR, M. C.; JOBIM, C. C.; SANTOS, G. T.; JÚNIOR, V. H. B. Constituintes sanguíneos de vacas da raça holandesa alimentadas com silagens de milho ou de capim-elefante. **Semina: Ciências Agrárias**, 31(2), 429-437, 2010.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 6. ed. Academic press, 2008.

KERR, M. G. **Exames laboratoriais em medicina veterinária: bioquímica clínica e hematologia**. 2. ed. Roca, 2003.

MELILLO, A. Applications of serum protein electrophoresis in exotic pet medicine. **The Veterinary Clinics of North America Exotic Animal Practice**, vol. 16, p.211-225, 2013.

MINAFRA, C. S.; MARQUES, S. F. F.; STRINGHINI, J. H.; ULHOA, C. J.; REZENDE, C. S. M.; SANTOS, J. S.; MORAES, G. H. K. D. Perfil bioquímico do soro de frangos de corte alimentados com dieta suplementada com alfa-amilase de *Cryptococcus flavus* e *Aspergillus niger* HM2003. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol. 39, p.2691-2696, 2010.

- NELSON, D. L. & COX, M.M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 2. ed. Artmed, 2014.
- RAJMAN, M.; JURÁNI, M.; LAMOSOVÁ, D.; MACAJOVÁ, M.; SEDLACKOVÁ, M.; KOSTÁL, L.; VYBOH, P. The effects of feed restriction on plasma biochemistry in growing meat type chickens (*Gallus gallus*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, vol. 145, p.363-371, 2006.
- REZENDE, M. S. **Perfil Bioquímico Sanguíneo de Linhagem Pesada de Frango de Corte**. (Tese de doutorado). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.
- SANTOS, F. R.; STRINGHINI, J. H.; DE FREITAS, N. F.; MINAFRA, C. S.; OLIVEIRA, P. R.; DUARTE, E. F.; GUIMARÃES, G. S. Aspectos morfológicos e morfométricos do aparelho digestório, perfil bioquímico sérico e atividade de enzimas pancreáticas de frangos de crescimento lento e rápido. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, vol. 10, p.322-327, 2015.
- SCHMIDT, E. M. S.; LOCATELLI-DITTRICH, R.; SANTIN, E.; PAULILLO, A. C. Patologia clínica em aves de produção—uma ferramenta para monitorar a sanidade avícola—revisão. **Archives of Veterinary Science**, vol. 12, p.9-20, 2007.
- SCOPE, A., & SCHWENDENWEIN, I. Laboratory Evaluation of Renal Function in Birds. **Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice**, vol. 23, p.47-58, 2020.
- SHUKLA, P. K.; KUMAR, A.; SHARMA, A. Stressors and Their Biochemical Indicators in Poultry. **Indian Journal of Agriculture Business**, vol. 4, p.29-33, 2018.
- SOUSA BARBOSA, T.; MORI, C. K.; POLÔNIO, L. B.; PONSANO, E. H. G.; CIARLINI, P. C. Perfil bioquímico sérico de galinhas poedeiras na região de Araçatuba, SP. **Semina: Ciências Agrárias**, vol. 32, p.1583-1587, 2011.
- THRALL, M. A.; WEISER, G.; ALLISON, R.; CAMPBELL, T. 2. ed. **Hematologia e Bioquímica Veterinária**. Roca, 2018.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **Foreign Agricultural Service**. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>. Acesso em: 04 set. 2021.
- VIEITES, F. M.; FRAGA, A. L.; MORAES, G. H. K.; VARGAS JUNIOR, J. G.; NALON, R. P.; CORREA, G. S. S.; NUNES, R. V. Cálcio, fósforo e proteína total no sangue de frangos de corte em função de níveis de balanço eletrolítico da ração. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, vol. 63, p.887-894, 2011.
- VILA, L. G. **Bioquímica em aves: Revisão de literatura**. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.