

# VARIANTES GENÉTICAS DE ALBUMINA E FOSFOGLICONATO DESIDROGENASE EM BÚFALOS DE ÁGUA E BOVINOS NELORE CRIADOS NO ESTADO DO PARÁ<sup>1</sup>

Luiza NAKAYAMA<sup>2</sup>

William Gomes VALE<sup>3</sup>

Maria Iracilda Cunha SAMPAIO<sup>4</sup>

Horácio SCHNEIDER<sup>5</sup>

Maria Paula Cruz SCHNEIDER<sup>6</sup>

**RESUMO:** Os sistemas da Albumina (ALB) e Fosfogliconato desidrogenase (PGD) foram estudados em 317 animais. Os alelos *ALB B* e *ALB D* foram detectados entre os búfalos de água em três combinações (ALB BB, ALB BD e ALB DD). Em bovinos Nelore, dois alelos (*ALB A* e *ALB C*) foram observados nas combinações: ALB AA, ALB AC e ALB CC. Duas variantes de Fosfogliconato desidrogenase (PGD A e PGD C) foram detectadas em búfalos de água em duas combinações fenotípicas: PGD AA e PGD AC. Em bovinos Nelore, foi observado apenas o alelo *PGD B*. As subpopulações de cada uma das quatro raças estavam em equilíbrio de Hardy-Weinberg, porém a análise de contingência indica heterogeneidade para os locos da ALB na raça Murrah e da PGD na raça Mediterrâneo. Tal heterogeneidade genética entre subpopulações pode ser explicada pelo tamanho populacional relativamente pequeno em cada rebanho, estrutura de cruzamento, deriva genética ou seleção. No caso específico da raça Mediterrâneo, também pode ser decorrente do efeito do fundador, provavelmente causado pelo monomorfismo nas fazendas Santa Terezinha e Miritueira e polimorfismo na da EMBRAPA.

**TERMOS PARA INDEXAÇÃO:** Albumina, Fosfogliconato Desidrogenase, Búfalo, Bovino Nelore, Marcadores Genéticos.

---

<sup>1</sup> Aprovado para publicação em 22.04.09

Parte da Tese de Doutorado em Genética Bioquímica e Molecular (UFPA) da primeira autora. Essa pesquisa foi financiada pela UFPA (Universidade Federal do Pará), FINEP (Financeira de Estudos e Projetos) e FADESP (Fundação de Amparo e Desenvolvimento da Pesquisa).

<sup>2</sup> Biomédica, Dra., Professora Associada da UFPA. Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Biológicas, Campus Universitário do Guamá. 66095-480, Belém-Pará, Brasil. Telefone: (91) 3211-1575. E-mail: lunaka@ufpa.br.

<sup>3</sup> Médico Veterinário, Dr., Professor Titular da UFPA.

<sup>4</sup> Médica Veterinária, Dra., Professora Associada da UFPA.

<sup>5</sup> Biólogo, Dr., Professor Titular da UFPA.

<sup>6</sup> Bióloga, Dra., Professora Associada I da UFPA.

## GENETIC VARIANTS OF ALBUMIN AND PHOSPHOGLUCONATE DEHYDROGENASE IN WATER BUFFALO AND NELORE CATTLE FROM PARÁ STATE

**ABSTRACT:** Albumin (ALB) and Phosphogluconate dehydrogenase (PGD) systems were studied in 317 animals. The alleles *ALB B* and *ALB D* were detected among water buffaloes, in three combinations (ALB BB, ALB BD and ALB DD). In Nelore cattle two alleles (*ALB A* and *ADA C*) were observed in combinations: ALB AA, ADA AC and ALB CC. Two variants of Phosphogluconate dehydrogenase (PGD A and PGD C) were detected in water buffaloes in two phenotypic combinations: PGD AA and PGD AC. In Nelore cattle only *PGD B* allele was observed. All subpopulations within a breed were in Hardy-Weinberg equilibrium, but contingency analyses showed heterogeneity for ALB locus in Murrah breed and for PGD locus in Mediterranean breed. Such genetic heterogeneity among subpopulations could be explained by small subpopulation size, mating structure, genetic drift or selection. In the specific case of Mediterranean breed, such heterogeneity may be explained as founder effect, and it is most likely to be caused by monomorphism in Santa Terezinha and Mirutueira herds and by polymorphism in EMBRAPA.

**INDEX TERMS:** Albumin, Phosphogluconate Dehydrogenase, Water Buffalo, Nelore Cattle, Genetic Markers.

### 1 INTRODUÇÃO

O polimorfismo proteico, que representa parte da variabilidade genética existente nos seres vivos, tem sido extensamente usado em estudos de caracterização racial (DEL LAMA, 1992) e de relações filogenéticas (KEMENES et al., 1999), assim como em pesquisas, correlacionando marcadores genéticos e genes que afetam características de interesse econômico (ROCHA et al., 1999; LARA et al., 2000). Essas variações também fornecem subsídios que poderão auxiliar no desenvolvimento e acompanhamento dos programas de melhoramento animal e preservação

de germoplasma (SABOUR et al., 1993), inserindo-se, neste contexto, o estudo do polimorfismo da Albumina e da Fosfogliconato desidrogenase.

A Albumina (ALB) tem importante função na regulação da pressão osmótica do sangue, evitando a perda de líquidos. Além disso, a ALB está ligada ao transporte de substâncias que a ela se agregam, tais como: vitaminas, ácidos graxos, hormônios, medicamentos e bilirrubina. A sua capacidade de servir como depósito é também considerada como responsável pelo prolongamento do efeito de drogas no organismo (WHITE; HANDLER; SMITH, 1973).

A Fosfogliconato desidrogenase (PGD) é uma óxido-redutase de estrutura dimérica, responsável pela descarboxilação oxidativa do gliconato-6-fosfato no ciclo das pentoses, rota metabólica de grande importância pela geração de NADPH, necessária às reações de óxido-redução (MELO, 1990).

O volume de dados eletroforéticos qualitativos em búfalos de água é bem menor que em bovinos. Talvez este fato seja consequência da criação extensiva a que são submetidos os búfalos de água, principalmente na região Norte, que os torna de difícil manejo para coleta de material.

O presente trabalho tem como objetivo realizar estudo eletroforético da proteína plasmática ALB e da eritrocitária PGD, a fim de comparar a variabilidade genética entre as raças bubalinas (Murrah, Jafarabadi, Mediterrâneo e Carabao) criadas no estado do Pará e entre os búfalos de água (*Bubalus bubalis*) e bovinos Nelore (*Bos indicus*).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram colhidas amostras de sangue (10 ml em tubo contendo EDTA) de 266 búfalos de água (212 búfalos de rio e 54 búfalos de pântano), durante o período de fevereiro de 1993 a janeiro de 1995, sendo os animais das raças Carabao (municípios de Irituia e Santa Maria), Jafarabadi

var. GIR (Castanhal, Belém, Santa Maria e Ilha de Marajó), Jafarabadi var. PALITANA (Castanhal, Belém, Ilha de Marajó) e Mediterrâneo (Santa Maria, Nova Timboteua e Belém) e Murrah (Castanhal e Belém). Utilizaram-se como grupo externo 51 amostras sanguíneas de bovinos da raça Nelore, oriundos do município de Castanhal. Apenas animais adultos (de ambos os sexos), considerados clinicamente sadios, com alto grau de pureza racial e criados no estado do Pará, fizeram parte deste estudo.

Cada tubo foi identificado com o número da tatuagem do animal. Paralelamente, informações sobre raça, data de nascimento, sexo, identificação dos pais de cada animal foram anotadas em um protocolo próprio.

As amostras coletadas foram mantidas refrigeradas e transportadas para o Laboratório de Genética Bioquímica e Molecular da Universidade Federal do Pará. O plasma foi separado das hemácias através de centrifugação (3000 rpm por 5 minutos) e usado para a tipagem eletroforética da ALB. O hemolisado foi preparado misturando-se volumes iguais de hemácias e água destilada a meio volume de tetracloreto de carbono, agitado e centrifugado (3000 rpm por 10 minutos); o hemolisado límpido foi usado para o estudo da PGD.

O sistema da PGD foi investigado através de eletroforese horizontal em géis de agarose a 1%, e o da ALB, através de eletroforese horizontal em géis de amido, a 11% e, posteriormente, de eletroforese vertical em poliacrilamida a 10%. As soluções tampões usadas foram as empregadas por Harris e Hopkinson (1976) para PGD e Bowman e Bearn (1965) para ALB.

Para a análise dos dados, considerou-se que cada rebanho de uma fazenda seria uma subpopulação e que cada raça seria uma população.

Para a representação dos alelos, foram usadas as regras de nomenclatura estabelecidas para bovinos (LARSEN; DI STASIO; TUCKER, 1992) e dos fenótipos e genótipos, o guia de nomenclatura genética em ruminantes (ANDERSEN et al., 1991).

As frequências gênicas e as respectivas variâncias de cada um dos sistemas, nas quatro raças bubalinas e na Nelore, foram obtidas por meio do programa de computador BIOSYS- 1 de Swofford e Selander (1989).

Para verificação do equilíbrio de Hardy-Weinberg em cada subpopulação e em cada

população, foi utilizado o teste do Qui-quadrado, usando-se a opção HDYWBG do programa.

A heterogeneidade genética dentro de cada raça bubalina foi calculada através da opção HETXSQ do BIOSYS-1.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, para o loco da ALB foram identificados por eletroforese horizontal em gel de amido três possíveis alelos, classificados em ordem alfabética e progressiva, a partir do mais catódico para o mais anódico: *ALB A* e *ALB B*, em bovinos Nelore; e *ALB B* e *ALB C*, em bubalinos.

Quando os respectivos fenótipos foram submetidos à eletroforese vertical em gel de poliacrilamida, verificou-se que os bovinos Nelore e os bubalinos não compartilhavam o alelo *ALB B* (Tabela 1), estando de acordo com Masina, Iannelli e Bettini (1971), ou seja, o padrão lento de bovinos Nelore tinha uma migração um pouco mais lenta do que o padrão rápido de bubalinos. Assim, os alelos de bovinos foram redenominados *ALB A* e *ALB C*, enquanto que os de bubalinos, *ALB B* e *ALB D*.

**Tabela 1** - Frequências gênicas estimadas e teste do qui-quadrado para o sistema da Albumina, em 15 populações de búfalos e 1 de bovino Nelore de fazendas do estado do Pará.

Raça/Procedência	N	Frequências gênicas				$\chi^2$
		ALB A	ALB B	ALB C	ALB D	
<b>Raça CARABAO</b>						
Faz. Irituia- Mun. Irituia	14	0,000	0,893	0,000	0,107	0,130
Faz. Sta. Terezinha - Mun. Sta. Maria	40	0,000	0,725	0,000	0,275	0,544
<b>Raça JAFARABADI var. GIR</b>						
Faz. Santana- Mun. Castanhal	11	0,000	0,773	0,000	0,227	0,735
Faz. Agrotal- Distrito de Mosqueiro	07	0,000	0,786	0,000	0,214	3,636
Faz. Sta. Terezinha - Mun. Sta. Maria	09	0,000	0,778	0,000	0,222	0,527
Faz. Matinadas - Ilha do Marajó	23	0,000	0,848	0,000	0,152	0,814
<b>Raça JAFARABADI var. PALITANA</b>						
Faz. Santana- Mun. Castanhal	25	0,000	0,720	0,000	0,280	0,021
Faz. Agrotal- Distrito de Mosqueiro	11	0,000	0,955	0,000	0,045	0,000
Faz. Sta. Terezinha - Mun. Sta. Maria	07	0,000	0,786	0,000	0,214	0,327
Faz. Matinadas- Ilha do Marajó	06	0,000	0,917	0,000	0,083	0,000
<b>Raça MEDITERRÂNEO</b>						
Faz. Sta. Terezinha - Mun. Sta. Maria	31	0,000	0,468	0,000	0,532	3,673
Faz. Miritueira- Mun. Nova Timboteua	19	0,000	0,447	0,000	0,553	2,423
Faz. EMBRAPA - Mun. Belém	10	0,000	0,600	0,000	0,400	0,394
<b>Raça MURRAH</b>						
Faz. Itaqui- Mun. Castanhal	30	0,000	0,417	0,000	0,583	0,665
Faz. EMBRAPA - Mun. Belém	23	0,000	0,109	0,000	0,891	0,268
<b>Bovino NELORE</b>						
Faz. Itaqui- Mun. Castanhal	51	0,412	0,000	0,588	0,000	2,133

N= número de animais.

Os alelos *ALB A* e *ALB C*, de acordo com a ordem de mobilidade eletroforética decrescente em Nelore, provavelmente correspondam aos *ALB A* e *ALB B* descritos na literatura. A frequência para *ALB C* foi de 0,588, estando próximo ao valor 0,618, observado por Del Lama (1992). Este resultado também é compatível com a literatura, se forem

consideradas as frequências gênicas inter-raciais dentro da espécie *Bos indicus*.

Através dos dados sobre a distribuição dos fenótipos da Albumina nas 15 populações de búfalos e 1 de Nelore do estado do Pará (Tabela 2), constatou-se que a maioria dos bovinos era heterozigoto.

**Tabela 2** - Distribuição dos fenótipos da Albumina, em 15 populações de búfalos e 1 de bovino Nelore de fazendas do estado do Pará.

Raça/Procedência	N	Classes fenotípicas					
		AA	AC	BB	BD	CC	DD
<b>Raça CARABAO</b>							
Faz. Irituia- Mun. Irituia	14	00	00	11	03	00	00
Faz. Sta. Terezinha - Mun. Sta. Maria	40	00	00	20	18	00	02
<b>Raça JAFARABADI var. GIR</b>							
Faz. Santana- Mun. Castanhal	11	00	00	06	05	00	00
Faz. Agrotal- Distrito de Mosqueiro	07	00	00	05	01	00	01
Faz. Sta. Terezinha - Mun. Sta. Maria	09	00	00	05	04	00	00
Faz. Matinadas - Ilha do Marajó	23	00	00	17	05	00	01
<b>Raça JAFARABADI var. PALITANA</b>							
Faz. Santana- Mun. Castanhal	25	00	00	13	10	00	02
Faz. Agrotal- Distrito de Mosqueiro	11	00	00	10	01	00	00
Faz. Sta. Terezinha - Mun. Sta. Maria	07	00	00	04	03	00	00
Faz. Matinadas- Ilha do Marajó	06	00	00	05	01	00	00
<b>Raça MEDITERRÂNEO</b>							
Faz. Sta. Terezinha - Mun. Sta. Maria	31	00	00	04	21	00	06
Faz. Miritueira- Mun. Nova Timboteua	19	00	00	02	13	00	04
Faz. EMBRAPA - Mun. Belém	10	00	00	03	06	00	01
<b>Raça MURRAH</b>							
Faz. Itaquí- Mun. Castanhal	30	00	00	04	17	00	09
Faz. EMBRAPA - Mun. Belém	23	00	00	00	05	00	18
<b>Bovino NELORE</b>							
Faz. Itaquí- Mun. Castanhal	51	06	30	00	00	15	00

N= número de animais.

Osterhoff (1967) citou que a frequência do *ALB* *B* (alelo lento) diminui gradativamente ao longo da rota de migração através da África para a Europa, estando de acordo com Panepucci (1989), que observou diminuição na frequência do alelo lento e um aumento na frequência do rápido à medida que

aumentava a relação *Bos indicus/Bos taurus*, nos cruzamentos envolvendo bovinos zebus/europeus. Przytulski (1978) sugeriu que a maior frequência desse alelo em bovinos do trópico e subtópico esteja relacionada a tolerâncias ecológicas e climáticas.

A frequência do *ALB B* (alelo rápido) para as duas subpopulações de búfalo da raça Murrah foi 0,417 e 0,109 para as fazendas Itaqui e EMBRAPA, respectivamente (Tabela 1). Estes dados estão de acordo com os de Khanna (1973, 1979) e de Singh

et al. (1987), que também observaram frequência inferior a 0,5 para este alelo. Para as demais raças estudadas não se tem dados na literatura para comparação (Tabela 3).

**Tabela 3** - Frequência gênica estimada do *ALB B* (alelo rápido) em bubalinos, determinada por vários autores, em diferentes países.

Raças e/ou Mestiço	Países e Autores	ALB B	N
<b>Búfalo de Rio</b>			
Bhadawari	Índia (KHANNA, 1973, 1979)	0,27	91
Jafarabadi var. Gir	Brasil (PRESENTE TRABALHO)	0,77-0,85	50
Jafarabadi var. Palitana	Brasil (PRESENTE TRABALHO)	0,72-0,95	49
Marathwada	Índia (KHANNA, 1973, 1979)	0,11	37
Mediterrâneo	Brasil (PRESENTE TRABALHO)	0,11-0,60	
	Índia (KHANNA, 1973, 1979)	0,04-0,29	1224
Murrah	Índia (SINGH et al., 1987)	0,28	66
	Brasil (PRESENTE TRABALHO)	0,11-0,42	53
Nagpuri	Índia (KHANNA, 1973, 1979)	0,05	75
Nilli	Índia (KHANNA, 1973, 1979)	0,17	115
Ponderpuri	Índia (KHANNA, 1973, 1979)	0,12	34
Surti	Índia (KHANNA, 1973, 1979)	0,17	139
BRB	Brasil (ROCHA et al., 1999)	0,47	90
BRE	Egito (NASRAT; NAFEI; SAAD, 1977)	0,28	544
BRI	Itália (MASINA; IANNELLI; BETTINI, 1971)	0,33	350
	Itália (IORIO; ANNUNZIATA, 1986)	0,31	303
<b>Búfalo de Pântano</b>			
Carabao	Brasil (PRESENTE TRABALHO)	0,72-0,89	54
	Indonésia (SELVARAJ et al., 1991)	0,69-0,98	153
BPSA	Filipinas (SELVARAJ et al., 1991)	0,62	25
	Tailândia (SELVARAJ et al., 1991)	0,50-0,62	104
	Malásia (SELVARAJ et al., 1991)	0,79-0,86	101
<b>Mestiços</b>			
Murrah x Mediterrâneo	Brasil (SCHNEIDER, 1984)	0,57	389

Abreviações: BRB= Búfalo de Rio Brasileiro; BRE= Búfalo de Rio Egípcio; BRI= Búfalo de Rio Italiano; BPSA= Búfalo de Pântano do Sudeste Asiático; N= Número de animais.

A frequência do *ALB B* pode ser classificada em: baixa - Bhadawari, Marathwada, Murrah, Nagpuri, Nilli, Ponderpuri, Surti, Búfalo de Rio Brasileiro; Búfalo de Rio Egípcio; Búfalo de Rio Italiano; média- Mediterrâneo e mestiços (Murrah x Mediterrâneo); e alta - Jafarabadi (var. Gir e Palitana), Carabao e Búfalo de Pântano do Sudeste asiático (Tabela 3).

Wenping (1998) observou em doze subpopulações de búfalos de água chineses, os alelos *ALB A* e *ALB X*, nas frequências 0,228 e 0,770, respectivamente. O *ALB B* foi um alelo raro, encontrado apenas em três subpopulações, na frequência 0,002. Análises citogenéticas constataram o número diploide de 48 cromossomos, característico de búfalos de pântano. Considerando-se esses búfalos de água chineses como búfalos de pântano, uma vez que os búfalos de rio apresentam número diploide de 50 cromossomos (LUZ et al., 1995), pela frequência gênica, sugere-se que o *ALB X* seja o *ALB B*, do presente trabalho. Ressalta-se, porém, que a frequência dos alelos mais comuns *ALB B* e *ALB D* variou bastante de raça para raça e também de subpopulação para subpopulação (Tabela 3).

Nos bubalinos foi observado polimorfismo com a presença dos alelos codominantes *PGD A* e *PGD C* em búfalos do rio, estando de acordo com Iorio e Annunziata (1986), que constataram em

búfalos de rio italianos os alelos *PGD A* e *PGD B* nas frequências 0,520 e 0,480, respectivamente, estes provavelmente correspondendo aos alelos *PGD A* e *PGD C*, observados no presente trabalho. Em Carabao não foi observado polimorfismo, estando de acordo com Selvaraj et al. (1991), que também não detectaram polimorfismo em búfalos de pântano asiáticos. Em relação ao sistema da *PGD* na raça bovina Nelore, observou-se apenas o alelo *PGD B*, corroborando os achados de Del Lama (1992).

Todas as subpopulações bubalinas e bovinas, nas quais foram constatadas polimorfismos de *ALB* e *PGD*, estavam em equilíbrio de Hardy-Weinberg. Porém, a análise de contingência indica heterogeneidade para o loco da *ALB* na raça Murrah ( $X^2= 12,170$ ;  $gl= 1$  e  $P < 1\%$ ) e para o da *PGD* na raça Mediterrâneo ( $X^2= 10,169$ ;  $gl= 2$  e  $P < 5\%$ ).

Os rebanhos das duas fazendas da raça Murrah (fazendas Itaqui e EMBRAPA) diferem significativamente quanto à estrutura genética do sistema Albumina. Tal heterogeneidade genética entre as subpopulações pode ser explicada pelo tamanho populacional relativamente pequeno em cada rebanho (Tabela 1) e por outros fatores, tais como: estrutura de cruzamento, deriva genética ou seleção.



A heterogeneidade, no caso específico de raça Mediterrâneo, também pode ser decorrente do efeito do fundador, pois o loco PGD foi monomórfico nas fazendas Santa Terezinha e Miritueira, e polimórfico apenas na subpopulação da EMBRAPA (Tabela 4), estando de acordo com Iorio e Annunziata (1986), que também encontraram polimorfismo dessa enzima em búfalos de rio italianos. Todos os animais da raça Carabao mostraram apenas o fenótipo com uma banda rápida, corroborando dados de Selvaraj et al. (1991) em búfalos de pântano asiáticos.

**Tabela 4** - Distribuição observada dos fenótipos, freqüências gênicas estimadas e teste do quiquadrado, para o sistema da Fosfogliconato desidrogenase, em 15 populações de búfalos e 1 de bovino Nelore de fazendas do estado do Pará.

Raça/Procedência	N	Classes fenotípicas			Freqüências gênicas			c <sup>2</sup>
		AA	AC	BB	PGD A	PGD B	PGD C	
<b>Raça CARABAO</b>								
Faz. Irituia- Mun. Irituia	14	14	00	00	1,000	0,000	0,000	-0-
Faz. Sta. Terezinha- Mun. Sta. Maria	40	40	00	00	1,000	0,000	0,000	-0-
<b>Raça JAFARABADI var. GIR</b>								
Faz. Santana- Mun. Castanhal	11	10	01	00	0,955	0,000	0,045	0,000
Faz. Agrotal - Distrito de Mosqueiro	07	06	01	00	0,929	0,000	0,071	0,000
Faz. Sta. Terezinha- Mun. Sta. Maria	09	07	02	00	0,889	0,000	0,111	0,067
Faz. Matinadas - Ilha do Marajó	23	18	05	00	0,891	0,000	0,109	0,268
<b>Raça JAFARABADI var. PALITANA</b>								
Faz. Santana- Mun. Castanhal	25	16	09	00	0,820	0,000	0,180	1,054
Faz. Agrotal - Distrito de Mosqueiro	11	09	02	00	0,909	0,000	0,091	0,053
Faz. Sta. Terezinha- Mun. Sta. Maria	07	07	00	00	1,000	0,000	0,000	-0-
Faz. Matinadas- Ilha do Marajó	06	06	00	00	1,000	0,000	0,000	-0-
<b>Raça MEDITERRÂNEO</b>								
Faz. Sta. Terezinha- Mun. Sta. Maria	31	31	00	00	1,000	0,000	0,000	-0-
Faz. Miritueira- Mun. Nova Timboteua	19	19	00	00	1,000	0,000	0,000	-0-
Faz. EMBRAPA - Mun. Belém	10	08	02	00	0,900	0,000	0,100	0,059
<b>Raça MURRAH</b>								
Faz. Itaqui- Mun. Castanhal	30	30	00	00	1,000	0,000	0,000	-0-
Faz. EMBRAPA - Mun. Belém	23	10	00	00	1,000	0,000	0,000	-0-
<b>Bovino NELORE</b>								
Faz. Itaqui- Mun. Castanhal	51	00	00	51	0,000	1,000	0,000	-0-

N= número de animais.

Como o polimorfismo de PGD foi observado na maioria dos rebanhos de Jafarabadi examinado e apenas no rebanho de Mediterrâneo da EMBRAPA com frequência relativa alta (Tabela 4), Nakayama et al. (2002) sugeriram que este fato explicaria a inclusão dessa população de Mediterrâneo com todas as de Jafarabadi, no fenograma produzido, utilizando-se a distância mínima sem viés de Nei (1978) e o método de agrupamento de vizinhos.

Verificou-se, também, através da análise de heterogeneidade, que não existe diferença, quanto às frequências dos alelos, para os sistemas de ALB e PGD entre as variedades Gir e Palitana dentro da raça Jafarabadi. Estes dados estão de acordo com a Associação Brasileira de Criadores de Búfalos, que não divide, desde 1990, a raça Jafarabadi em variedades<sup>1</sup>.

Com base nas frequências gênicas e na distribuição fenotípica, sugere-se que os sistemas de ALB e PGD, assim como CA2 (NAKAYAMA et al., 1997), ADA e GLO (NAKAYAMA et al., 2005), constituem marcadores bioquímicos relevantes para identificar um gênero e/ou uma raça e/ou uma determinada subpopulação na família Bovinae.

---

<sup>1</sup> Gondim (1991), informação verbal.

#### 4 CONCLUSÃO

Os alelos: *ALB A*, *ALB C* e *PGD B* são marcadores genéticos em *Bos indicus* da raça Nelore e *ALB B*, *ALB D* e *PGD A* em *Bubalus bubalis*.

O alelo *PGD C* é marcador genético em búfalos de rio das raças Jafarabadi e Mediterrâneo.

Os sistemas de ALB e PGD podem ser considerados marcadores bioquímicos relevantes para identificar um gênero, uma raça e uma determinada subpopulação em búfalos de água e em bovinos Nelore.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos fazendeiros do estado do Pará e à Empresa de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), através do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (CPATU), pela cessão dos animais; bem como aos técnicos e demais funcionários que direta ou indiretamente contribuíram para o êxito deste trabalho.

#### REFERÊNCIAS

ANDERSEN, E.E. et al. Guidelines for gene nomenclature in ruminants. *Genet. Sel. Evol.*, v.23, p.461-466, 1991.

- BOWMAN, B.H.; BEARN, A.G. The presence of subunits in the inherited group-specific protein of human serum. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, v.53, p.722-729, 1965.
- DEL LAMA, S.N. *Caracterização genética das raças zebuínas criadas no Brasil através de polimorfismos protéicos e grupos sangüíneos*. 1992. 207p. Tese (Doutorado em Genética) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - USP, São Paulo, 1992.
- HARRIS, H.; HOPKINSON, D.A. *Handbook of enzyme electrophoresis in human genetics*. Amsterdam: North-Holland Pub., 1976.
- IORIO, M.; ANNUNZIATA, M. Biochemical studies in Italian buffalo (*Bubalus bubalis*). *Genet. Agr.*, v.40, p.137-144, 1986.
- KEMENES, P.A. et al.  $\kappa$ -casein,  $\beta$ -lactoglobulin and growth hormone allele frequencies and genetic distances in Nelore, Gyr, Guzerá, Caracu, Charolais, Canchim and Santa Gertrudis cattle. *Genetics and Molecular Biology*, v.22, p.539-541, 1999.
- KHANNA, N.D. Albumin polymorphism in Indian buffaloes. *Indian J. Anim. Sci.*, v.49, p.691-695, 1979.
- \_\_\_\_\_. *Biochemical polymorphism and blood groups in Indian buffaloes (Bubalus bubalis)*. Oslo: Norges Veterinaerhøgskole, 1973. p.154.
- LARA, M.A.C. et al. Caracterização genética de duas populações zebuínas selecionadas para ganho de peso através de marcadores de proteínas. *Genetics and Molecular Biology*, v.23, n.3, p.80-81, 2000.
- LARSEN, B.; DI STASIO, L.; TUCKER, E.M. COGNOSAG workshop report: list of alleles for blood and milk polymorphisms in cattle, sheep and goats. *Anim. Genet.*, v.23, p.1188-1192, 1992.
- LUZ, R.S. et al. A reliable method of preparing buffalo chromosomes by using a rapid culture of chorionic villi cells. *Buffalo J.*, v.2, p.171-177, 1995.
- MASINA, P.; IANNELLI, D.; BETTINI, T.M. Serum albumin and transferrin variants in Italian water buffaloes (*Bos bubalus*, L.). *Experientia*, v.27, p.587-589, 1971.

- MELO, A.C.A. *Variabilidade protéica e distância genética em duas espécies do gênero Saguinus (Callitrichidae-Primates-Platyrrhini)*. 1990. 185p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Pará, Belém, 1990.
- NAKAYAMA, L. et al. Carbonic anhydrase 2 Polymorphism in buffalo (*Bubalus bubalis*) and Nellore cattle (*Bos taurus indicus*) from Amazon Valley- Brazil. *Buffalo J.*, v.1, p.33-41, 1997.
- \_\_\_\_\_. Electrophoretical variability and genetic distance in the Amazon buffaloes from Pará - Brazil. *Buffalo J.*, v.1, p.1-18, 2002.
- \_\_\_\_\_. Polimorfismo de Adenosina Deaminase e Glioxalase-I em búfalos e bovinos Nelore - Estado do Pará. *Rev. ciênc. Agrár.*, n.44, p.119-129, 2005.
- NASRAT, G.E.; NAFEI, H.A.; SAAD, F.F. Genetic polymorphism in Egyptian livestock. III. Serum albumin polymorphism in Egyptian cattle and water buffalo. *Egypt. J. Genet. Cytol.*, v.6, p.269-273, 1977.
- NEI, M. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. *Genetics*, v.89, p.583-590, 1978.
- OSTERHOFF, D.R. Serum albumin polymorphism in South African cattle. *J. Immunogen. Letter.*, v.5, p.84-86, 1967.
- PANEPUCCI, L. A study of biochemical polymorphisms in European/Zebu dairy crossbred cattle and of their relationship with European and Zebu cattle. *Rev. Brasil. Genet.*, v.12, p.27-37, 1989.
- PRZYTULSKI, T. El polimorfismo de las seroalbuminas en el ganado vacuno frisón berrendo en negro. *Zootech.*, v.27, p.51-64, 1978.
- ROCHA, R.H. et al. Possíveis associações entre polimorfismos genético-bioquímicos de proteínas sanguíneas e produção de leite de búfalos do Estado de São Paulo. *Genetics and Molecular Biology*, v.2, n.3, p.634, 1999.
- SABOUR, M.P. et al. Effects of selection practiced on the frequencies of  $\kappa$ -casein and  $\beta$ -lactoglobulin genotypes in Canadian artificial insemination bulls. *J. Dairy Sci.*, v.76, p.274-280, 1993.
- SCHNEIDER, H. *Polimorfismo protéico em búfalos do Pará*. 1984. 108p. Tese (Doutorado em Genética) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1984.

SELVARAJ, O.S. et al. Blood biochemical polymorphisms in Southeast Asian swamp buffaloes. In: WORD BUFFALO CONGRESS, 3., 1991, Varna. *Proceedings...* Varna, 1991. p.528-536.

SINGH, A. et al. Serum albumin and transferrin polymorphism studies by polyacrylamide gel electrophoresis (PAGE) in Indian water buffaloes (*Bubalus bubalis*). *Indian vet. med. J.*, v.11, p.142-146, 1987.

SWOFFORD, D.L.; SELANDER, R.B. *BIOSYS-1*: A computer program for the analysis of allelic variation in population genetics and biochemical systematic. Release 1-7, Chicago: Illinois Natural History Survey, 1989. 43p.

WENPING, H. Genetic diversity of Chinese water buffalo. *Buffalo Bull.*, v.17, p.30-34, 1998.

WHITE, A.; HANDLER, P.; SMITH, E.L. *Principles of biochemistry*. Tokyo: McGraw- Hill Kogakusha, 1973.