

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**ANÁLISE DE TRILHA E CORRELAÇÕES ENTRE  
CARACTERES MORFOMÉTRICOS E DE CARCAÇA EM  
PIRAPITINGA (*Piaractus brachypomus*)**

Autor: Fagner Machado Ribeiro  
Orientador: Dr. Adriano Carvalho Costa

RIO VERDE – GO  
Março – 2018

**ANÁLISE DE TRILHA E CORRELAÇÕES ENTRE  
CARACTERES MORFOMÉTRICOS E DE CARÇA EM  
PIRAPITINGA (*Piaractus brachypomus*)**

Autor: Fagner Machado Ribeiro  
Orientador: Dr. Adriano Carvalho Costa

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de concentração Zootecnia/Recursos Pesqueiros.

Rio Verde – GO  
Março – 2018

**Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP**  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

R484a      Ribeiro, Fagner Machado  
            ANÁLISE DE TRILHA E CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERES  
MORFOMÉTRICOS E DE CARÇA EM PIRAPITINGA (Piaractus  
brachypomus) / Fagner Machado Ribeiro; orientador  
Adriano Carvalho Costa; co-orientador Thony Assis  
Carvalho. -- Rio Verde, 2018.  
            43 p.

Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em  
Zootecnia) -- Instituto Federal Goiano, Câmpus Rio Verde,  
2018.

1. Análise de trilha. 2. Filé. 3. Piaractus  
brachypomus. 4. Relação causa efeito. I. Carvalho  
Costa, Adriano, orient. II. Assis Carvalho, Thony, co-  
orient. III. Título.

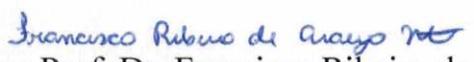
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

ANÁLISE DE TRILHA E CORRELAÇÕES ENTRE  
CARACTERES MORFOMÉTRICOS E DE CARCAÇA EM  
PIRAPITINGA (*piaractus brachypomum*)

Autor: Fagner Machado Ribeiro  
Orientador: Adriano Carvalho Costa

*TITULAÇÃO*: Mestre em Zootecnia – Área de concentração Zootecnia  
– Zootecnia e Recursos Pesqueiros.

APROVADO em 13 de março de 2018.

  
Prof. Dr. Francisco Ribeiro de  
Araujo Neto  
*Avaliador externo*  
IF Goiano/RV

  
Prof.<sup>a</sup> Dra. Ana Paula Cardoso Gomide  
*Avaliadora interna*  
IF Goiano/RV

  
Prof. Dr. Adriano Carvalho Costa  
*Presidente da banca*  
IF Goiano/RV

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu **Deus**, pela dádiva da vida e pela força que me renova a cada dia e me impulsiona a sempre lutar pelos meus objetivos;

Aos meus pais, Clenon e Cirlene a minha irmã Fabricia, pelo apoio, carinho e incentivo em todos os momentos da minha vida. Vocês são a minha fortaleza;

A FAPEG - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás, pela concessão de bolsa;

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, que possibilitou a conclusão de mais esta etapa na minha formação acadêmica;

Ao meu orientador, professor Dr. Adriano Carvalho Costa, pelas orientações e dedicação no decorrer de todo o mestrado;

Ao Prof. Dr. Thony Assis Carvalho, pela oportunidade de conduzir o experimento nas instalações do setor de piscicultura de sua propriedade.

Ao Prof. Dr. Francisco Ribeiro de Araújo Neto, pela contribuição nas análises estatísticas.

A banca examinadora composta pelos professores: Dr. Adriano Carvalho Costa, Dr.<sup>a</sup> Ana Paula Cardoso Gomide, Dr. Francisco de Araújo Neto, pelas contribuições e melhoria desse trabalho;

A equipe do NEPEAQUA, que contribuiu para com essa etapa de aprendizado;

Aos colaboradores e amigos que contribuíram para com este trabalho, Mário Lima, Pedro Tataíra, Diego Machado, pelo auxílio imprescindível à realização deste trabalho. Vocês são fenomenais!!

Aos amigos Emizael Menezes, Paulo Vitor, Jáliston Júlio aos que iniciamos juntos nessa fase de ensino, e sempre houve ajuda mutua, com trocas de experiências nos momentos difíceis.

A minha namorada Brenda Luanne, pela compreensão, carinho e incentivo nesses últimos meses. Ich Liebe Dich.

Aos amigos e colegas que fiz ao longo desse mestrado Maiza, Mário, Marcel, Pedro, Franklin, Helena, Deibity, Dheyne, Camila, Mariana Borges, Mariana Mota, Seixas, Ana Paula, Ana Carolina, Rissato e outros. Alguns vou levar comigo por toda a minha vida, afinal me ajudaram em muitos momentos, cada um com seu jeito diferente de ser, contribuíram para meu crescimento;

A todos aqueles que me ajudaram a semear, cultivar e colher os frutos nesses dois anos, aos que me esqueci de mencionar, sintam-se igualmente agradecidos.

*Meu Muito Obrigado!*

## BIOGRAFIA DO AUTOR

FAGNER MACHADO RIBEIRO, filho de Clenon Machado Maciel e Cirlene Ribeiro Batista, nasceu em Santa Terezinha de Goiás – GO, em 26 de maio de 1990. De fevereiro/2009 a junho/2010 formou-se em Técnico Agrícola em Zootecnia no – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Ceres. Em fevereiro de 2011, iniciou no Curso de Bacharelado em Zootecnia na mesma instituição/campus, graduando-se em fevereiro de 2016. Em março de 2016, ingressou na pós-graduação *stricto sensu* em nível de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, na área de produção animal, concluindo em fevereiro de 2018.

## ÍNDICE GERAL

	Página
ÍNDICE DE TABELAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES.....	viii
RESUMO GERAL.....	9
GENERAL ABSTRACT.....	10
<b>PRIMEIRA PARTE – Considerações Iniciais.....</b>	<b>11</b>
Introdução.....	11
Referencial Teórico.....	12
<i>Características da espécie</i> .....	12
<i>Medidas morfométricas</i> .....	13
<i>Rendimentos corporais em peixes</i> .....	15
<i>Análise de trilha</i> .....	16
Multicolinearidade.....	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20
<b>SEGUNDA PARTE – Artigo.....</b>	<b>24</b>
<b>Efeitos Diretos e Indiretos das Medidas e Razões Morfométricas dos Pesos e Rendimentos Corporais em Pirapitinga <i>Piaractus brachypomus</i>.....</b>	<b>24</b>
Resumo.....	24
Abstract.....	25
Introdução.....	25
Material e Métodos.....	26
<i>Análise estatística</i> .....	28
Resultados.....	29
Discussão.....	34
Conclusão.....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

## ÍNDICE DE TABELAS

	Página
<b>Tabela 1</b> Coeficientes das correlações parciais e simples dos pesos corporais, medidas e razões morfométricas em <i>Piaractus brachypomus</i> .....	31
<b>Tabela 2</b> Valores dos efeitos diretos e indiretos para peso da carcaça e peso do filé com costela de <i>Piaractus brachypomus</i> .....	32
<b>Tabela 3</b> Valores dos efeitos diretos e indiretos para rendimento de carcaça e rendimento de filé com costela de <i>Piaractus brachypomus</i> .....	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1</b> Exempla de pirapitinga, <i>Piaractus brachypomus</i> .....	13
<b>Figura 2</b> Diagrama causal ilustrativo dos efeitos das variáveis explicativas ( $X_1$ , $X_2$ , $X_3$ ) e residual ( $\epsilon$ ) sobre a variável básica (dependente) Y.....	17
<b>Figura 3</b> Diagrama em cadeia ilustrativo dos efeitos das variáveis primárias e secundárias sobre a variável básica.....	17
<b>Figura 4</b> Medidas morfométricas para <i>Piaractus brachypomus</i> .....	27

**LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES**

%	porcentagem
Kg	quilograma
PB	proteína bruta
CP	comprimento padrão
CC	comprimento de cabeça
AC	altura de corpo
CF	circunferência de corpo
CC/CP	comprimento da cabeça / comprimento padrão
AC/CP	altura do corpo / comprimento padrão
CF/CP	circunferência do corpo / comprimento padrão
CC/AC	comprimento da cabeça / altura do corpo
CF/CC	circunferência do corpo / comprimento da cabeça
CF/AC	circunferência do corpo / altura do corpo
PCAR	peso da carcaça
PFIL	peso do filé com costela
RCAR	rendimento da carcaça
RFIL	rendimento de filé com costela

## RESUMO GERAL

Uma das formas de selecionar animais para características de carcaça (exemplo: filé) é por meio da seleção indireta via medidas morfométricas. Dentre as técnicas para avaliar o relacionamento entre variáveis, pode-se citar a análise em trilha, que nada mais é do que a decomposição do coeficiente de correção em efeitos direto e indiretos. Sendo assim, objetivou-se avaliar a associação entre variáveis morfométricas e características de carcaça em pirapitinga. Foram utilizados neste trabalho 100 exemplares de pirapitinga com peso médio 1200 g ( $\pm 105$ g). Os animais foram anestesiados, pesados e submetidos à análise morfométrica, sendo posteriormente processados para obtenção dos pesos e rendimentos de carcaça (peixe eviscerado) e filé. Foi realizado teste de correlação de simples e a parcial entre todas as variáveis, sendo utilizado o método de Pearson. A análise de trilha foi realizada, sendo consideradas como variáveis dependentes os pesos e rendimentos de carcaça e filé, e como independente todas as variáveis. Para eliminar os efeitos acarretados pela multicolinearidade entre as variáveis independentes, realizou-se a regressão em crista. Observou-se que as correlações simples entre os pesos e rendimentos corporais foram superiores às parciais em magnitude. O comprimento e a circunferência do animal foram as medidas mais associadas linearmente com o PESO, PCAR e PFIL. Já para as variáveis RCAR e RFIL os coeficientes de correlação linear foram baixos e não significativos para com os pesos corpóreos. Pela análise em trilha observou-se alto efeito direto com correlações positivas significativas das medidas morfométricas para com as variáveis PESO, PCAR e o PFIL, com um coeficiente de determinação de 0,99. Sendo o comprimento padrão, circunferência do corpo e a razão CF/AC as mais correlacionadas. Mostrando ser as variáveis mais importantes na avaliação dos pesos corporais em pirapitinga, as mesmas podem servir como critério para seleção indireta na busca por peixes com melhores características de carcaça. Já para os rendimentos de filé e carcaça as variáveis morfométricas não mostraram ser eficientes para seleção indireta para seleção destes caracteres.

**Palavras-chave:** Análise de trilha. Filé. *Piaractus brachypomus*. Relação causa efeito.

## GENERAL ABSTRACT

One of the ways to select animals for carcass traits (example: fillet) is through indirect selection via morphometric measurements. Among the techniques to evaluate the relationship between variables, path analysis can be used, which is nothing more than the decomposition of the correction coefficient in direct and indirect effects. Thus, the objective was to evaluate the association between morphometric variables and carcass characteristics in pirapitinga. 100 pirapitinga fish with average weight 1200 g ( $\pm$  105g) were used in this work. The animals were anesthetized, weighed and submitted to morphometric analysis, being further processed to obtain weights and yields of carcass (eviscerated fish) and fillet. A simple and partial correlation test was performed between all variables, using the Pearson method. The path analysis was performed, being considered as dependent variables the weights and yields of carcass and fillet, and as independent all variables analyzed. To eliminate the effects caused by multicollinearity between the independent variables, ridge regression was performed. It was observed that the simple correlations between body weights and yields were higher than the partial ones in magnitude. The length and circumference of the animal were the measures that most associated linearly with PESO, PCAR and PFIL. For the RCAR and RFIL variables, linear correlation coefficients were low and not significant for body weights. A high direct effect with significant positive correlations of the morphometric measurements was observed for PESO, PCAR and PFIL variables, with 0.99 of determination coefficient. The standard length, body circumference and BC/BH ratio are the most correlated. Showing to be the most important variables in the body weights evaluation of pirapitinga fish so, they can serve as criterion for indirect selection of fish with better carcass characteristics. As for fillet and carcass yields, the morphometric variables did not prove to be efficient for indirect selection of these characters.

**Key words:** Filet. Path analysis. *Piaractus brachypomus*. Relationship causes effect.

## PRIMEIRA PARTE – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

### INTRODUÇÃO

Apesar das adversidades econômicas, a piscicultura brasileira cresce em ritmo acelerado, o setor tem impulsionado o desenvolvimento social e econômico que vem apresentando uma demanda cada vez maior, devido à conscientização quanto aos benefícios causados pelo consumo dessa proteína de alto valor biológico. Tudo isso aliado ao clima favorável, grande diversidade de espécies nativas com potencial produtivo. Dentre as espécies com potencial de cultivo, destaca-se a pirapitinga *Piaractus brachypomus* que, possui carne de excelente qualidade, resistência a doenças, facilidade de adaptação ao cultivo em tanques ou viveiros, rusticidade, rápido crescimento, menor rendimento de cabeça.

No entanto, para a espécie bem como seus híbridos, ainda são poucas as informações científicas dos seus índices produtivos, dificultando a formação de pacotes tecnológico. Do ponto de vista econômico, estudos sobre a morfometria e rendimentos corporais de peixes são de grande importância, pois através deles pode-se fazer estimativa da produtividade, tanto para o piscicultor quanto para a indústria de processamento e beneficiamento do pescado.

Uma das formas indiretas de caracterização da carcaça é por meio de variáveis morfométricas (medidas e razões), através delas consegue-se estimar os pesos e rendimentos corporais de diferentes partes do corpo, sem a necessidade de abater o peixe. A correlação é uma das formas de se verificar o inter-relacionamento entre caracteres de relevância no melhoramento animal. Correlações entre peso, medidas morfométricas e rendimentos corporais, têm sido objeto de estudos de diversos trabalhos em espécies de peixes. Apesar da utilidade dessas estimativas, no entendimento de um carácter, elas não determinam a importância relativa das influências diretas e indiretas desses caracteres que compõem os pesos e rendimentos corporais.

A análise de trilha é um procedimento pelo qual se consegue decompor a correlação existente em efeitos diretos e indiretos. Esses efeitos são estimados em análise

feita a partir de uma variável dependente e outro conjunto de variáveis explicativas possibilitando maior compreensão das causas envolvidas nas associações entre caracteres, um artifício que pode ser extrapolado para várias áreas de investigação, além do melhoramento genético, indicando o tipo e o grau de relação entre variáveis

Para a pirapitinga, ainda não foram definidas as medidas e razões morfométricas possíveis de serem utilizadas para indicar animais que possuem maiores pesos e rendimentos dos produtos gerados com o processamento. Sendo assim, o trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar por meio da análise de trilha, os efeitos diretos e indiretos das medidas e razões morfométricas sobre os pesos e rendimentos corporais de pirapitinga.

## REFERENCIAL TEÓRICO

No Brasil, é crescente o cultivo de espécies exóticas, sendo a tilapicultura principal espécie cultivada, a qual tem dominado o mercado da aquicultura continental pelos avanços em sua tecnologia de produção (Melo, et al., 2013; Veras et al., 2014). Por outro lado, recentes estudos sobre as espécies nativas demonstram alto potencial produtivo (Reis Neto et al., 2012, Hashimoto et al., 2013, Vásquez-Torres et al., 2013, Botelho, 2016).

Dentre as espécies nativas, a pirapitinga juntamente com seus híbridos tem sido a espécie mais utilizada em piscigranjas na região Centro-Oeste por apresentar alto rendimento de carcaça (86%), carne de qualidade e saborosa, tem boa aceitação pelo mercado consumidor (Mora, 2005; MPA, 2011; Abad et al., 2014).

### Características da espécie

Pirapitinga, *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818), pertence à ordem Cypriniforme e a família Characidae (Figura 1). É uma espécie de peixe de água doce, de hábito alimentar herbívoro com tendência a frugívoro, popularmente conhecido como Pacu negro e Caranha, sua espécie é distribuída nas bacias Amazônica e Araguaia-Tocantins (Fernandes, et al., 2004; Vásquez-Torres, 2005; Boscolo et al., 2011). É um peixe de piracema que migra da vazante na época da cheia, desovando em águas frias e

rasas, quando atingem a idade da maturidade sexual, entre três e quatro anos de idade e, aproximadamente, com três a quatro quilos de peso vivo (Baldisseroto & Gomes, 2005).



Figura 1- Exemplar de pirapitinga, *Piaractus brachypomus*  
Imagem: arquivo pessoal

É considerada a terceira maior espécie nativa entre os peixes de escamas da bacia amazônica, em casos extremos chega a pesar até 20 kg com 0,8 m de comprimento (Kubitza, 2004a), com características anatômicas desejáveis por parte do consumidor, tais como menor dimensão de cabeça comparada ao tambaqui e tilápia, facilidade para descamar, coloração avermelhada das regiões peitoral e opérculos, e demais partes do corpo prateadas, características que chamam a atenção do consumidor (Ribeiro et al., 2016).

A pirapitinga ainda possui atributos produtivos como rápido crescimento, rusticidade, resistência a elevadas temperaturas da água de viveiros, a baixos níveis de oxigênio dissolvido, ao manuseio e a enfermidades. Apresenta elevado rendimento de carcaça (%), proporcionando maior peso depois de eviscerada quando compara com as outras espécies, carne de excelente qualidade e muito saborosa que tem grande aceitação pelo mercado consumidor (Mora, 2005).

### **Medidas morfométricas**

As medidas morfométricas, ou de conformação, são obtidas em diferentes regiões do corpo, podem ser usadas para descrever o formato anatômico do peixe, que varia conforme as características de cada espécie, e ainda podem influenciar diretamente no

peso corporal e nos rendimentos dos produtos gerados com o processamento, ou seja, cabeça, filé, carcaça, tronco entre outros (Melo et al., 2013). Estudos validando a influência das medidas morfométricas sobre os pesos e rendimentos dos produtos gerados com o processamento já foram realizados em diversas espécies de animais, caprinos, peixes, coelhos, bovinos, por meio de equações de predições, correlações e análise em trilha (Diodatti et al., 2008; Turra et al., 2010; Haffray et al., 2012; Botelho, 2016; Marques et al., 2017; Gomes, 2017).

Para obtenção das medidas morfométricas, necessita-se apenas de um paquímetro e um ictiômetro, equipamentos de fácil manipulação e preço acessível (Costa, 2011). Em programas de melhoramento genético, as medidas morfométricas são utilizadas na avaliação da qualidade de carcaça como critério de seleção (Freato et al., 2005) a fim de obter resposta correlacionada ao rendimento do filé, parte nobre do pescado.

Segundo Goodman (1973), a utilização das variáveis morfométricas como critério de seleção se justificam quando se observa altas correlações com as medidas produtivas de valor comercial, como pesos e rendimentos de carcaça e de filé. Em seu estudo Eyo (1993) avaliando a composição de carcaça e rendimento de filetagem de dez espécies de peixes, reportou que o formato anatômico influencia nos rendimentos do processamento, o autor observou que, peixes com cabeça grande em relação ao corpo tiveram menor rendimento de filé, comparados aos de cabeça pequena.

Souza et al. (2008) avaliando a caracterização física e nutricional de três espécies de peixes amazônicos (Pescada Amarela, Bagre e Mapará), reportam que o comprimento e a circunferência corporal apresentaram correlação positiva com a massa corporal, segundo os autores as correlações foram todas de magnitude forte ( $r = 0,96$ ), ( $r = 0,92$ ), ( $r = 0,81$ ) para pescada amarela, bagre e mapará respectivamente. Costa (2011) estudando as medidas morfométricas na avaliação de pesos e rendimentos corporais de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*), afirma que as medidas morfométricas (CP, CC, AC e LC) estão positivamente correlacionadas com os pesos corporais. E ainda segundo o mesmo autor as medidas morfométricas podem ser usadas com grande precisão para estimar os pesos corporais das espécies avaliadas em seu experimento.

Avaliando a inter-relação entre as variáveis morfométricas em peixes redondos, Reis Neto et al. (2012b) averiguaram que, a razão entre o comprimento da cabeça e altura do corpo está diretamente relacionada com o rendimento da carcaça, os autores concluem que as razões morfométricas podem ser usadas em programas de melhoramento genético

como um método de seleção indireta, para selecionar peixes com melhores características de carcaça. Já em piracanjuba *Brycon orbignyanus*, Freato et al. (2005) reporta que as medidas tomadas no primeiro raio da nadadeira peitoral e dorsal (AP e AC), bem como o comprimento padrão (CP) são medidas que podem ser utilizadas como critério na avaliação da qualidade da carcaça e como critério de seleção em programas de melhoramento genético.

Observa-se que, os trabalhos realizados até o momento demonstram que as medidas e razões morfométricas utilizadas na determinação dos pesos e rendimentos corporais podem variar entre as espécies e, dentro de uma mesma espécie (Costa, 2011). Segundo o mesmo autor, tais diferenças se devem porque as espécies possuem diferentes formatos anatômicos, já que as linhagens vêm passando por programas de melhoramento com objetivos diferentes.

### **Rendimentos corporais em peixes**

Nos últimos anos, tem sido desenvolvido pesquisas sobre as correlações de pesos e rendimentos corporais com medidas e razões morfométrica em diferentes espécies de peixes (Freato et al., 2005; Costa, 2011; Haffray et al., 2012; Melo et al., 2013; Adames et al., 2014; Botelho, 2016). Do ponto de vista econômico, é de grande valia que se desenvolva pesquisas sobre pesos e rendimentos dos produtos gerados com o processamento de peixes, por meio deles, pode-se fazer uma estimativa da produtividade, tanto para o piscicultor como para a indústria de beneficiamento do pescado (Souza et al., 1999). Geralmente, o mercado consumidor tem preferência por peixes que tenham maiores rendimentos de carcaça e de cortes considerados nobres como o filé. Porém, uma das dificuldades enfrentadas por parte dos melhoristas que trabalham com a seleção para os pesos e rendimentos corporais é, que o animal precisa ser abatido para sua mensuração com isso ocorre a perda de um potencial reprodutor dentro do plantel, impossibilitando o aproveitamento do animal em programas de seleção (Crepaldi et al., 2008).

Adames et al. (2014) em seu estudo com barbado (*Pinirampus pirinampu*), notou que, peixes que desenvolveram mais em altura do tronco (ATR) do que em comprimento (CTR), obtiveram maior rendimento de carcaça, tal observação também foi reportada por Lundstedt et al. (1997), peixes com menor padrão de altura do corpo apresentam menor largura de filé e menor rendimento de carcaça. Segundo Freato et al. (2005) peixes mais

compridos e roliços (formato de torpedo), apresentam maiores rendimentos de filé e carcaça, pois apresentam maior concentração de massa muscular cilíndrica.

O rendimento do peixe depende da forma anatômica, peixes com maiores rendimentos de cabeça apresentam menor rendimento de filé comparados àqueles com cabeça pequena (Eyo, 1993). Avaliando o desempenho de pirapitinga, tambaqui, e do híbrido tambatinga, os rendimentos de filé foram (43,77, 41,89 e 39,50%) para pirapitinga, tambaqui respectivamente, e a pirapitinga, apresentou menor tamanho de cabeça, isto foi decisivo para obter o maior rendimento de filé, propiciando maior valor agregado (Paula, 2009).

### **Análise de trilha**

Metodologia desenvolvida por Wright (1921), a análise de trilha consiste no desdobramento das correlações em efeitos diretos e indiretos de caracteres sobre uma variável básica, cujas estimativas são obtidas por meio de equações de regressão, em que as variáveis são previamente padronizadas (Wright, 1921 e 1923; Cruz & Carneiro, 2003). Essa análise gera, portanto, estimativas mais acuradas de causa e efeito, tornando uma ferramenta poderosa para o melhoramento (Salla et al., 2015). O coeficiente de trilha é uma análise multivariada adequado para lidar com um sistema de variáveis linearmente relacionadas, o princípio fundamental da teoria da análise de trilha é que a correlação entre as duas variáveis é a soma de todos os passos que as unem (Li, 1956).

Essa análise, permite que o pesquisador tenha conhecimento detalhado das influências dos caracteres envolvidos em um diagrama previamente estabelecido, e explica a existência de correlações positivas e negativas, de altas e baixas magnitudes entre as variáveis estudadas (Silva et al. 2005), possibilitando assim, estabelecer qual estratégia será mais eficiente na seleção, para incrementar o melhoramento genético (Souza, 2013).

Além disso, a análise de trilha, pode ser utilizada como método de identificação das variáveis menos explicativas no comportamento da variável dependente principal e, assim, eliminá-la do estudo (Cruz & Carneiro, 2003). Nas figuras 2 e 3, são modelos de diagrama de caminho ilustrando os efeitos das variáveis e residual sobre uma variável dependente. No Diagrama causal (figura 2), as variáveis se relacionam através de um único modelo de regressão múltipla, já no diagrama em cadeia (figura 3) a análise de

trilha deve ser realizada por partes, fazendo análise separadamente de cada diagrama causal conforme Souza (2013).

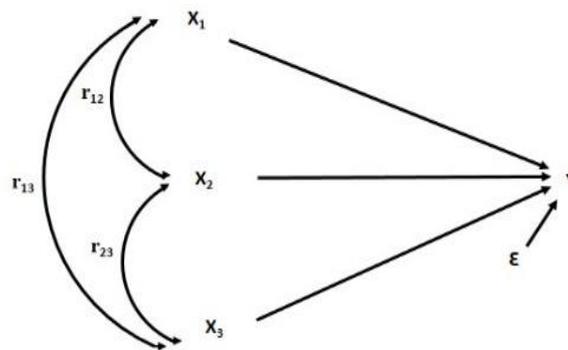


Figura 2 Diagrama causal ilustrativo dos efeitos das variáveis explicativas ( $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ) e residual ( $\epsilon$ ) sobre a variável básica (dependente)  $Y$ . Adaptado de Souza (2013).

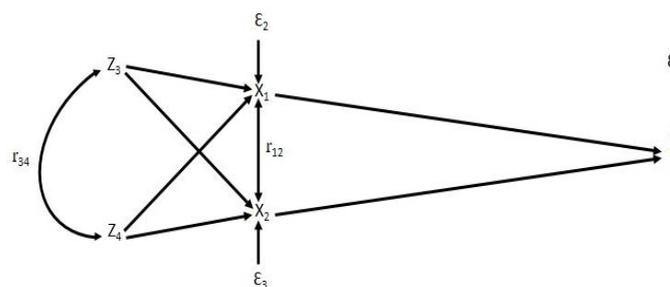


Figura 3 Diagrama em cadeia ilustrativo dos efeitos das variáveis primárias e secundárias sobre a variável básica. Adaptado de Souza (2013).

Na interpretação dos resultados gerados pela análise de trilha, quatro possíveis situações devem ser consideradas:

- uma determinada variável independente ( $x$ ) apresenta alto efeito direto e está correlacionada significativamente com a variável dependente ( $y$ ), indicando ser determinante da variação em  $y$ ;
- a variável independente apresenta efeito direto elevado, mas pouca correlação com ( $y$ ), indicando que, em uma análise conjunta com as demais variáveis independentes, pode resultar em grandes benefícios para efeito de estimativas, mas não deve ser utilizada isoladamente;

c) a variável (x) apresenta correlação elevada com (y), mas efeito direto reduzido, indicando que seus efeitos ocorrem, principalmente, indiretamente através de outras variáveis do modelo e seu uso é de pouca utilidade nas determinações dos efeitos das variáveis independentes sobre (Y);

d) a variável independente apresenta baixos valores, tanto do efeito direto, como para correlação com (y), indicando ser de pouca utilidade para as estimativas (Loures et al., 2001), adaptado por Costa (2011).

Um outro critério que pode ser adotado para interpretação da análise em trilha, Segundo Singh e Chaudhary (1979) reportado por Pacheco & Cantalice (2011) e Souza (2013), quando o coeficiente de trilha (efeito direto) de uma variável explicativa for, em módulo, menor do que o coeficiente da variável residual ( $\rho\varepsilon$ ), mas o coeficiente de correlação (efeito total) for maior, em módulo, do que o efeito da variável residual,

$$|P_{yx2}| < P\varepsilon < r_{yx2}$$

significa que essa variável explicativa tem efeito sobre a variável principal apenas indiretamente, sendo sua importância só em conjunto.

Se o coeficiente de trilha for, em módulo, maior do que o coeficiente da variável residual ( $\rho\varepsilon$ ),

$$|P_{yx2}| > P\varepsilon$$

indica que existe efeito direto da variável explicativa sobre a principal.

O sucesso dessa técnica pode ser medido pelo grande número de artigos, e que vem sendo empregada em diversas áreas do conhecimento, têm sido amplamente utilizada em no melhoramento de diferentes culturas de plantas (Nogueira et al, 2012; Salla et al, 2015), em peixes (Reis Neto et al., 2012; Melo et al, 2013). Entretanto, para espécie pirapitinga, não há relatos na literatura utilizando análise de trilha na avaliação de pesos e rendimentos corporais.

## **Multicolinearidade**

Os termos Colinearidade (Multicolinearidade) são utilizados para indicar a presença de um alto grau de correlação entre duas ou mais variáveis independentes, esse termo foi criado em 1934 por Ragnar Frisch, originalmente significa a existência de uma relação linear exata entre duas ou mais variáveis, em que um dos vetores é a combinação linear dos demais (Souza, 2013). Através do número de condições (NC), que é a razão entre o maior e o menor autovalor da matriz consegue-se quantificar o grau de multicolinearidade da matriz  $X'X$  (Montgomery & Peck, 1992).

A interpretação do número de condições (NC), segue a seguinte classificação (Coimbra et al., 2004; Souza, 2013):

NC < 100: tem-se fraca multicolinearidade e não ocasiona problema para análise;

100 < NC < 1000 de grau moderado a forte;

NC > 1000 considera-se que o grau de multicolinearidade é severo.

Caso a análise de trilha seja realizada com alto grau multicolinearidade, as estimativas dos efeitos diretos e indiretos podem ser viesados (tendenciosos), com valores em módulo superiores a 1 e, portanto, sem sentido biológico (Teoble & Cargnelutti Filho, 2013), ou seja, é de grande importância verificar o grau de multicolinearidade entre as variáveis explicativas (Cruz & Carneiro, 2006).

Antes da execução propriamente dita da análise de trilha, precisa-se proceder o diagnóstico de multicolinearidade dos dados, quando detectada essa deve ser controlada, a fim de evitar viés nos resultados. Nesse sentido Souza (2013) reporta algumas metodologias usadas na seleção e controle dessas variáveis, como o método Stepwise, regressão em componentes principais e a regressão em crista (Hoerl & Kennard 1970a; Montgomery & Peck, 1992), que tem por objetivo evitar os problemas ocasionados pela multicolinearidade. Nos casos de alto grau de multicolinearidade entre as variáveis, deve-se optar pela análise de regressão em crista, com acréscimo de um valor  $k$  aos elementos da diagonal da matriz de correlação, ou proceder a análise de trilha tradicional, e faz-se a eliminação das variáveis altamente correlacionadas (Cruz & Carneiro, 2006).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adames, Maurício, S.; Krause, R. A.; Damasceno, D. Z.; Piana, P. A.; Oliveira, J. D. S.; Bombardelli, R. A. 2014. Características morfométricas, rendimentos no processamento e composição centesimal da carne do barbado. Boletim do Instituto de Pesca (Online), v. 40, p. 251-260.

- Baldisseroto, B.; Gomes, L. de C. (Org.). 2005. Espécies nativas para piscicultura no Brasil. Santa Maria: Ed. da UFSM, 470 p.
- Botelho, H. A. Medidas morfométricas na avaliação de pesos e rendimentos corporais de *Astyanax lacustris* (Lütken, 1875) E *Astyanax fasciatus* (Cuvier, 1819) (Characiformes, Characidae). 2016. 75 p. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Coimbra, J. L. M.; Guidolin, A. F.; Almeida, M. L. de.; Sangoi, L.; Ender, M.. 2004. Análise de trilha dos componentes do rendimento de grãos em genótipos de canola.. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 34, n.05, p. 1421-1428.
- Costa, A. C. Medidas morfométricas na avaliação de pesos e rendimentos corporais de pacu *Piaractus mesopotamicus* e tambaqui *Colossoma macropomum*. 2011. 64 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Crepaldi, D.V.; Teixeira, E. A.; FARIA, P.M.; Ribeiro, L. P.; Melo, D. C.; Oliveira, D. A. de. A.; Turra, E. M.; Queiroz, B. M. 2008. Rendimento de carcaça em surubim (*Pseudoplatystoma spp.*) avaliado por ultra-som. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.9, n.4, p.813-824.
- Cruz, C. D.; Carneiro, P. C. S. 2003. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 585p.
- Cruz, C. D.; Carneiro, P. C. S. 2006. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 2. ed. Viçosa: UFV.
- Diodatti, F. C. Tadeu, R.; Freato, T. A. 2008. Parâmetros morfométricos en el rendimiento de los componentes corporales de tilapia del nilo (*oreochromis oreochromis*). *Anales de Veterinaria de Murcia*, v. 24, p. 45-55.
- Eyo, A. A. 1993. Carcass composition and filleting yield of tem species from Kainji Lake, proceedings of the FAO expert consultation on fish technology in Africa. FAO Fisheries & Aquaculture, Stockholm, v. 467, p. 173-175, Supplement.
- Fernandes, J. B. K.; Lochmann, R.; Bocanegra, F. A. 2004. Apparent digestible energy and nutrient digestibility coefficients of diet ingredients for pacu *Piaractus brachypomus*. *Journal of the World Aquaculture Society*. v.35, n.2.
- Freato, T. A. et al. 2005. Efeito do peso de abate nos rendimentos do processamento da piracanjuba (*Brycon orbignyianus*, valenciennes, 1849). *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 29, n. 3, p. 676-682.
- Goodman, R. K. A. 1973. A comparison of morphometric characteristics og channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque) from seven different geographical locations. 27 f. Dissertation (Master in Fisheries and Allied Aquacultures) - Auburn Universitt, Auburn.

- Gomes, F. J. 2017. Características funcionais e produtivas em bovinos da raça Canchim. 55p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.
- Haffray, P.; Bugeonb, J.; Rivarda, Q.; Quitteta, B.; Puyoa, S.; AllaMelouc, J. M.; Vandepuited, M.; Dupont-Nivetd, M. 2012. Genetic parameters of in-vivo prediction of carcass, head and fillet yields by internal ultrasound and 2D external imagery in large rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, v.10, p.410–411, p. 236-244.
- Hashimoto, D. T.; Prado, F. D. do.; Senhorini, J. A.; Foresti, F.; Porto-Foresti, F. 2013. Detection of post-F1 fish hybrids in broodstock using molecular markers: approaches for genetic management in aquaculture. *Aquaculture Research*, Oxford, v. 44, n. 6, p. 876-884.
- Hoerl, A. E.; Kennard, R. W. 1970a. Ridge regression: applications to nonorthogonal problems. *Technometrics*, Washington, v. 12, n. 1, p. 69-82.
- Kubitza, F. 2004a. Coletânea de informações aplicadas ao cultivo do tambaqui, do pacu e de outros peixes redondos. *Panorama da Aqüicultura*. Rio de Janeiro, v.14, n.82, p. 49-55.
- Li, C. C. 1956. The concept of path coefficient and its impact on population genetics. *Biometrics*, Washington, v. 12, n. 2, p. 190-210.
- Loures, B. T. R. R.; Ribeiro, R. P.; Vargas, L.; Moreira, H. L. M.; Sussel, F. R.; Povh, J. A.; Cavichiolo, F. 2001. Manejo alimentar de alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, associado às variáveis físicas, químicas e biológicas do ambiente. *Acta Scientiarum*, v.23, n.4, p.877-883.
- Lundstedt, L. M.; Leonhardt, J. H.; Dias, A. L. 1997. Alterações morfométricas induzidas pela reversão sexual em tilápias do Nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757). *Revista Unimar*, 19(02): 461-472.
- Marques, L. R.; Costa, A. C.; Ribeiro, F. M.; Oliveira, J. F. A.; Soares, M. O.; Lima, M.; Costa, P. A. T.; Cabral Filho, S. L. S. 2017. Análise de trilha entre a morfologia e o peso corporal de coelhos. In: XXVII Congresso Brasileiro de Zootecnia - Zootec, 2017, Santos – SP.
- Melo, C. C. V. Reis Neto, R. V.; Costa, A. C.; Freitas, R. T. F. de.; Freato, T. A.; Souza, U. N. de. 2013. Direct and indirect effects of measures and reasons morphometric on the body yield of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, Maringá, v. 35, n. 4, p. 357-363.
- Mora, J. A. 2005. Rendimiento de la canal em cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y el híbrido *Colossoma macropomum* x *P. brachypomus*: procesamiento primario y productos con valor agregado. *Bioagro*, Barquisimeto, v. 17, n. 3, p. 161-169.
- Montgomery, D. C.; Peck, E. A. Introduction to linear regression analysis. 2nd ed. New York: J. Wiley, 1992. 544 p.

- Ministério da Pesca e Aquicultura. 2011. Boletim estatístico da pesca e aquicultura do Brasil. Brasília, 69 p.
- Nogueira, A. P. O.; Sedyama, T.; Sousa, L. B. de.; Hamawaki, O. T.; Cruz, C. D.; Pereira, D. G.; Matsuo, E. 2012. Path analysis and correlations among traits in soybean grown in two dates sowing. Biosci. J., Uberlândia, v. 28, n. 6, p. 877-888.
- Pacheco, E. P.; Cantalice, J. R. B. 2011. Análise de trilha no estudo dos efeitos de atributos físicos e matéria orgânica sobre a compressibilidade e resistência à penetração de um Argissolo cultivado com cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Ciencia do Solo, v. 35, p. 417-428.
- Reis Neto, R. V.; Freitas, R. T. F. de.; Serafini, M. A.; Costa, A. C.; Freato, T. A.; Rosa, P. V.; Allaman, I. B. 2012b. Interrelationships between morphometric variables and rounded fish body yields evaluated by path analysis. Brazilian Journal of Animal Science, Brasília, v. 41, n. 7, p. 1576-1582.
- Salla, V. P.; Danner, M. A.; Citadin, I.; Zolet Sasso, S. A.; Donazzolo, J.; Gil, B. V. 2015. Análise de trilha em caracteres de frutos de jabuticabeira. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.50, n.3, p.218-223. DOI: 10.1590/S0100-204X2015000300005
- Silva, S. A.; Carvalho, F. I. F. de.; Nedel, J. L.; Cruz, P. J.; Silva, J. A. G. da.; Caetano, V. da R.; Hartwig, I.; Sousa, C. da S. 2005. Análise de trilha para os componentes de rendimento de grãos em trigo. Bragantia (São Paulo), Campinas, v. 64, n.2, p. 191-196.
- Souza M. L. R. et al. 1999. Estudo da carcaça do bagre africano (*Clarias gariepinus*) em diferentes categorias de peso. Acta Scientiarum, Maringá, v. 21, n. 3, p. 637-644.
- Souza, H. A. L.; Bentes, A. S.; Simões, M. G.; Fontelles, M. J. P. 2008. Caracterização física e nutricional de três espécies de peixes amazônicos. Revista brasileira de tecnologia agroindustrial, v. 4, p. 141-152.
- Souza, T. V. de. Aspectos estatísticos da análise de trilha (path analysis) aplicada em experimentos agrícolas. 2013. 82 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Toebe, M.; Cargnelutti Filho, A. 2013. Não normalidade multivariada e multicolinearidade na análise de trilha em milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira (1977. Impressa), v. 48, p. 466-477.
- Turra, E. M.; Oliveira, D. A. A.; Teixeira, E. A.; Prado, S. A.; Melo, D. C.; Sousa, A. B. 2010. Uso de medidas morfométricas no melhoramento genético do rendimento de filé da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Rev. Bras. Reprod. Anim., Belo Horizonte, v.34, n.1, p.29-36.

- Vásquez-Torres, W. 2005. A pirapitinga: reprodução e cultivo. In: Baldisserotto, B.; Gomes, L.C. Espécies nativas para piscicultura no Brasil. Santa Maria: Editora UFMS, p.203-224.
- Vásquez-Torres, W.; Arias-Castellanos, J. A. 2013. Effect of dietary carbohydrates and lipids on growth in cachama (*Piaractus brachypomus*). Aquaculture Research, v. 44, n.11, p. 1768–1776.
- Veras, G. C. Murgas, L. D. S.; Zangeronimo, M. G.; Rosa, P. V.; Miranda, J. R.; Brabo, M. F. 2014. Efeito do fotoperíodo sobre a composição do filé de juvenis de tilápia do Nilo. Ciência Animal Brasileira. v.15, n.2.
- Wright, S. 1921. Correlation and causation. Journal of Agricultural Research, Washington, v.20, n.7, p.557-585.
- Wright, S. 1923. Theory of path coefficients. Genetics, New York, v.8, p.239-285.

## SEGUNDA PARTE - ARTIGO

### ASSOCIAÇÕES ENTRE VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS E CARACTERÍSTICAS DE CARÇA EM PIRAPITINGA

**RESUMO:** objetivou-se avaliar a associação entre variáveis morfométricas e características de carcaça em pirapitinga. Foram utilizados neste trabalho 100 exemplares de pirapitinga com peso médio 1200 g ( $\pm 105$ g). Os animais foram anestesiados, pesados

e submetidos à análise morfométrica, sendo posteriormente processados para obtenção dos pesos e rendimentos de carcaça (peixe eviscerado) e filé. Foi realizado teste de correlação de simples e a parcial entre todas as variáveis, sendo utilizado o método de Pearson. A análise de trilha foi realizada, sendo consideradas como variáveis dependentes os pesos e rendimentos de carcaça e filé, e como independente todas as variáveis. Para eliminar os efeitos acarretados pela multicolinearidade entre as variáveis independentes, realizou-se a regressão em crista. Observou-se que as correlações simples entre os pesos e rendimentos corporais foram superiores às parciais em magnitude. O comprimento e a circunferência do animal foram as medidas mais associadas linearmente com o PESO, PCAR e PFIL. Já para as variáveis RCAR e RFIL os coeficientes de correlação linear foram baixos e não significativos para com os pesos corpóreos. Pela análise em trilha observou-se alto efeito direto com correlações positivas significativas das medidas morfométricas para com as variáveis PESO, PCAR e o PFIL, com um coeficiente de determinação de 0,99. Sendo o comprimento padrão, circunferência do corpo e a razão CF/AC as mais correlacionadas. Mostrando ser as variáveis mais importantes na avaliação dos pesos corporais em pirapitinga, as mesmas podem servir como critério para seleção indireta na busca por peixes com melhores características de carcaça. Já para os rendimentos de filé e carcaça as variáveis morfométricas não mostraram ser eficientes para seleção indireta para seleção destes caracteres.

**Palavras-chave:** Análise de trilha. Filé. *Piaractus brachypomus*. Relação causa efeito.

**ABSTRACT:** The objective was to evaluate the association between morphometric variables and carcass characteristics in pirapitinga. 100 pirapitinga fish with average weight 1200 g ( $\pm 105$ g) were used in this work. The animals were anesthetized, weighed and submitted to morphometric analysis, being further processed to obtain weights and yields of carcass (eviscerated fish) and fillet. A simple and partial correlation test was performed between all variables, using the Pearson method. The path analysis was performed, being considered as dependent variables the weights and yields of carcass and fillet, and as independent all variables analyzed. To eliminate the effects caused by multicollinearity between the independent variables, ridge regression was performed. It was observed that the simple correlations between body weights and yields were higher than the partial ones in magnitude. The length and circumference of the animal were the measures that most associated linearly with PESO, PCAR and PFIL. For RCAR and RFIL variables, linear correlation coefficients were low and not significant for body weights. A high direct effect with significant positive correlations of the morphometric measurements was observed for PESO, PCAR and PFIL variables, with 0.99 of determination coefficient. The standard length, body circumference and BC/BH ratio are the most correlated. Showing to be the most important variables body weights evaluation

of pirapitinga fish, they can serve as criterion for indirect selection of fish with better carcass characteristics. As for fillet and carcass yields, the morphometric variables did not prove to be efficient for indirect selection of these characters.

**Key words:** Filet. Path analysis. *Piaractus brachypomus*. Relationship causes effect.

## INTRODUÇÃO

A pirapitinga *Piaractus brachypomus* espécie de peixe neotropical, apresenta atributos produtivos interessantes com características anatômicas desejáveis por parte do consumidor, sendo cultivada em vários países da América do Sul, com destaque para Brasil, Colômbia, Peru e Venezuela, e da Ásia, China, Tailândia, Vietnã (Flores Nava, 2007; Honglang, 2007; Jorge et al., 2018, Costa et al., 2017).

Os principais produtos apreciados e comercializados desta espécie pela indústria de processamento são: o peixe eviscerado e o filé com costela. Dessa forma, os estudos sobre os pesos e rendimentos destas partes corporais têm grande importância do ponto de vista econômico, tanto para a indústria de processamento como para o piscicultor (Melo et al., 2013; Reis Neto et al., 2012).

No entanto, a mensuração direta para essas características de carcaça envolve o sacrifício do animal, conseqüentemente pode-se perder um potencial reprodutor dentro do plantel. Uma das formas de selecionar animais para características de carcaça sem a necessidade do abate dos animais, é por meio de outros caracteres, como por exemplo variáveis morfométricas que são correlacionados com as características de carcaça (Turra et al., 2010; Kunita et al., 2013; Melo, et al., 2013). Para isso é necessário verificar o inter-relacionamento dessas características de importância (Costa, 2011).

Correlações entre os pesos e rendimentos corporais com as medidas morfométricas, têm sido objeto de estudo de vários trabalhos em diversas espécies de peixes (Diodatti et al., 2008 e Haffray et al., 2012, Botelho, 2016). Apesar da utilidade dessas estimativas, no entendimento de um carácter, elas não determinam a importância relativa das influências diretas e indiretas desses caracteres que compõem os pesos e rendimentos corporais.

A análise de trilha é um artifício que o melhorista dispõe, para decompor a correlação existente em efeitos diretos e indiretos, através de uma variável básica

(dependente) e as variáveis explicativas (independentes), possibilitando melhor compreensão das causas envolvidas nas associações entre tais caracteres (Wright, 1921 e 1923). Esta técnica tem sido amplamente utilizada no melhoramento de diversas culturas de plantas (Esposito, et al., 2012; Nogueira et al, 2012; Salla et al, 2015). Em peixes já foram realizados trabalhos em tilápias, pacu e tambaqui, lambari (Reis Neto et al., 2012; Melo et al, 2013; Botelho, 2016).

No entanto, ainda não foram definidas as medidas e razões morfométricas que mais contribuem para com os pesos e rendimentos corporais dessa espécie. Sendo assim, o trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a associação entre variáveis morfométricas e características de carcaça em pirapitinga por meio de correlação simples e parcial, e pela análise de trilha, desdobrando os efeitos diretos e indiretos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O projeto antes de ser implementado foi submetido e aprovado pela Comissão de Ética no uso de animais (CEUA – IF Goiano), protocolo n° 4030040817. A pesquisa foi conduzida no setor de piscicultura da Fazenda Agropecuária Jerivá, localizada na Rod. BR 364, via GO 516 a 12 km, município de Perolândia –GO. Foram utilizados neste trabalho 100 exemplares, coletados aleatoriamente de uma população de aproximadamente 1500 pirapitingas, com peso médio (desvio padrão) de 1200 g ( $\pm 105$  g), os quais foram cultivados por nove meses em tanque escavado na densidade de um peixe por m<sup>2</sup>, foram alimentados com ração comercial extrusada com 32% PB, segundo as recomendações do fabricante.

No final do período experimental, os peixes foram submetidos a um período de depuração de 24 horas, posteriormente, insensibilizados através da secção da medula conforme proposto por Pedrazzani et al. (2009). Em seguida, submetidos seguintes análises morfométricas (Figura 4): Comprimento padrão (CP), da extremidade anterior da cabeça ao menor perímetro do pedúnculo caudal; comprimento da cabeça (CC), compreendido entre a extremidade anterior da cabeça e a borda caudal do opérculo; a altura (AC) e circunferência (CF) do corpo, tomadas nas regiões do primeiro raio da nadadeira dorsal.

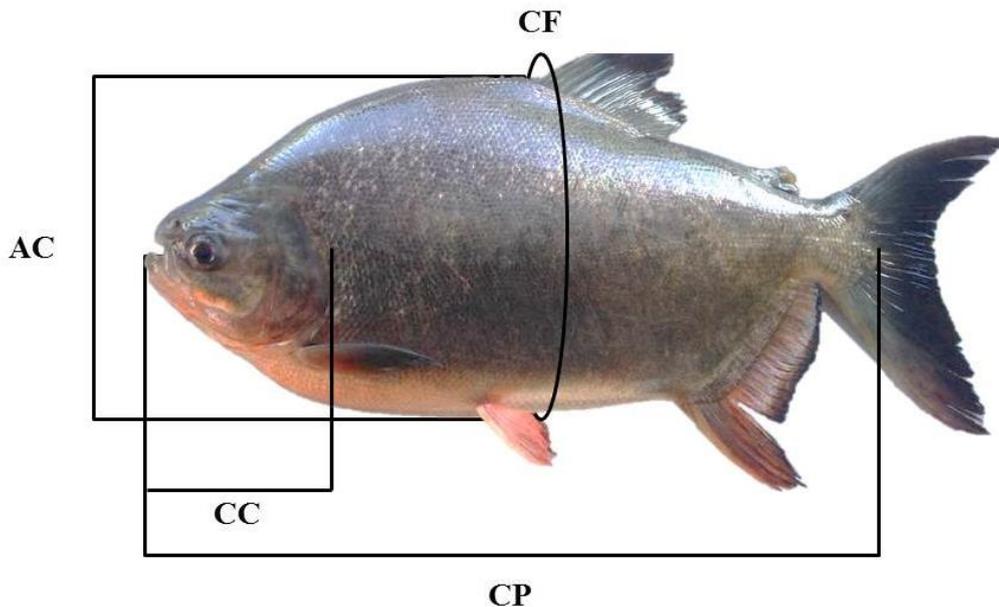


Figura 4 Medidas morfológicas para *Piaractus brachypomum*, em que CP: comprimento padrão; CC: comprimento da cabeça; AC: altura do corpo; CF: circunferência do corpo.

As razões morfológicas entre todas as medidas foram calculadas considerando no denominador a medida de maior valor:

$CC/CP$  = comprimento da cabeça/comprimento padrão

$AC/CP$  = altura do corpo na linha do 1º raio da nadadeira dorsal/comprimento padrão

$CF/CP$  = circunferência do corpo na linha do 1º raio da nadadeira dorsal/comprimento padrão

$CC/AC$  = comprimento da cabeça/altura do corpo na linha do 1º raio da nadadeira dorsal

$CF/CC$  = circunferência do corpo na linha do 1º raio da nadadeira dorsal/comprimento da cabeça

$CF/AC$  = circunferência do corpo na linha do 1º raio da nadadeira dorsal/altura do corpo na linha do 1º raio da nadadeira dorsal

Posteriormente, os animais foram eviscerados e tomados os pesos de carcaça (PCAR) peixe sem vísceras e peso do filé com costela (PFIL). Obtidos os pesos de cada componente corporal, foram calculados os seguintes rendimentos:

- a) Rendimento de carcaça (RCAR);
- b) Rendimento de filé com costela (RFIL).

O rendimento de cada produto foi calculado como porcentagem do peso de abate (peixe inteiro).

### **Análises estatísticas**

Para este estudo, o peso de abate, os pesos das partes corporais e os rendimentos corporais foram considerados como variáveis dependentes e independentes. As medidas e razões morfométricas como variáveis independentes. Primeiramente, foi realizado a estatística descritiva, pelo diagrama de *boxplot* para detectar os *outliers*, sendo estes retirados

As correlações entre as variáveis foram calculadas por meio do coeficiente de correlação linear de Pearson e, posteriormente, aplicou-se o teste de “Student” para verificar a significância das correlações (Charnet, et al., 2008). Para interpretação do coeficiente de correlação, foi utilizado a seguinte classificação: baixa ( $r \leq 0,30$ ); moderada ( $0,30 < r \leq 0,70$ ); e alta ( $r > 0,70$ ).

Em seguida, realizou-se o diagnóstico de multicolinearidade, na existência de multicolinearidade entre as variáveis independentes, optou-se pela regressão em crista conforme Montgomery e Peck (1992), para eliminar os efeitos acarretados pela mesma, e os parâmetros foram estimados.

Em seguida, as correlações obtidas foram desdobradas em efeitos diretos e indiretos e estimados pelo método de análise de trilha (Wright, 1921;1923). Considerando-se, concomitantemente, o valor da correlação e a magnitude do efeito direto, como critério para definir qual (is) medida(s) ou razão(ões) morfométrica(s) foi(ram) determinante(s) para a variação dos rendimentos corporais, ou seja, aquela(s) que apresentasse(m) a maior correlação e efeito direto sobre a variável dependente. Todas as análises estatísticas foram realizadas, utilizando o *software* "R" versão 3.4.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2017).

## **RESULTADOS**

As estimativas dos coeficientes de correlações linear simples e parcial, dos fenótipos avaliados são sumarizadas na (Tabela 1). Verificou-se correlações parciais significativas, altas do CC com CC/CP e CF/CC, AC com CF/AC, CC/CP com CF/CC, PESO com PCAR e RCAR, do PCAR com RCAR, do PFIL com RFIL, sendo negativa somente para CC com CC/CP e do PESO com RCAR.

Já as correlações simples, observa-se que entre as medidas morfométricas só não houve correlação significativa entre CC com AC, as demais medidas se correlacionaram significativamente entre si, sendo observado que a maior correlação foi entre o CP e CF ( $r = 0,681$ ) e a menor entre CC e CF ( $r = 0,395$ ).

Para as razões morfométricas houve alta correlação significativa e positiva entre CC/AC e CC/CP, negativa entre CF/CC com CC/CP e CC/AC. Correlação moderada positiva significativa do CF/CP com AC/CP; CF/CC com AC/CP e CF/CP; CF/AC com CF/CP e CC/AC, negativa do AC/CP com CC/AC e CF/AC (Tabela 1).

Para as variáveis, peso corporal, pesos e rendimentos de carcaça e filé com costela houve correlação significativa alta e positiva entre PESO, PCAR e PFIL, moderada positiva significativa do RCAR com RFIL, e baixa do PFIL com RFIL (Tabela 1). Avaliando as medidas e razões morfométricas, notou-se correlação significativa alta e positiva do CC com CC/AC e CC/CP, negativa para CC com CF/CC. Moderada positiva significativa para CP com CC/AC e de CF com CF/CP, correlação negativa de CP para com AC/CP e CF/CP, e de CC com AC/CP. Baixa correlação significativa positiva de CP e CC com CF/AC, CC com CF/CP (Tabela 1).

Já para as variáveis peso corporal, pesos e rendimentos de carcaça e filé com as variáveis morfométricas, verificou-se que o RCAR e o RFIL não apresentaram correlação significativa com variáveis morfométricas. As medidas CP e CF mostraram-se altamente correlacionadas, de forma positiva com PESO, PCAR e PFIL (Tabela 1). As medidas CC e AC tiveram correlação positiva significativa de magnitude moderada com o peso corporal, PCAR, PFIL. A razão morfométrica CF/AC mostrou-se correlacionada de forma alta, positiva significativa para com PCAR e PFIL, e a razão AC/CP de forma moderada e negativa, para ambos os pesos corpóreos.

O desdobramento em efeitos diretos e indiretos dos coeficientes das correlações simples entre os caracteres em estudo para o peso da carcaça (PCAR) e peso do filé com costela (PFIL), rendimento de carcaça (RCAR) e do rendimento de file com costela (RFIL) são sumarizados nas (Tabelas 2 e 3), podendo ser observado que o coeficiente de determinação da regressão em crista de todos os modelos foi de 0,99.

Ao decompor os coeficientes de correlação do PCAR e do PFIL em efeitos diretos e indiretos, observa-se que as medidas e razões morfométricas apresentaram efeitos diretos positivos mais altos que os indiretos, exceto o AC/CP e CF/CP. O peso corporal apresentou efeito direto menor para PCAR e PFIL em relação ao efeito indireto, o mesmo foi observado para o RFIL para a última variável. O PCAR apresentou maior efeito direto

que indireto considerando o PFIL como variável independente, o mesmo foi observado quando PCAR foi considerado variável dependente e PFIL independente.

Para o rendimento de carcaça a única variável que apresentou correlação significativa foi ao RFIL, sendo observado maior efeito indireto (Tabela 3). Já o rendimento de filé as únicas correlações que foram significativas foram o PFIL e RCAR, ambos com efeitos diretos mais baixos que os indiretos para esta variável. Os demais coeficientes de trilha não foram destacados nos resultados pelo fato da correlação entre as variáveis serem não significativas.

**Tabela 1** - Coeficientes das correlações parciais (abaixo da diagonal) e linear simples (acima da diagonal) dos pesos corporais, medidas e razões morfométricas em *Piaractus brachypomus*

	PCAR	FIL	RCAR	RFIL	PESO	CP	CC	A2	L2	CCCP	A2CP	L2CP	CCA2	L2CC	L2A2
PCAR	-	0,946*	-0,002	-0,002	0,990*	0,811*	0,367*	0,627*	0,827*	-0,147	-0,388*	-0,122	0,100	0,080	0,389*
FIL	0,228	-	-0,029	0,290*	0,942*	0,799*	0,350*	0,630*	0,791*	-0,160	-0,378*	-0,147	0,073	0,077	0,341*
RCAR	0,996*	-0,253	-	0,343*	-0,143	-0,085	0,138	-0,166	-0,039	0,224	-0,015	0,070	0,225	-0,171	0,117
RFIL	-0,258	0,997*	0,285	-	-0,046	0,066	0,064	0,045	0,005	0,024	-0,039	-0,075	0,026	-0,067	-0,039
PESO	0,896*	0,226	-0,881*	-0,195	-	0,814*	0,344*	0,643*	0,825*	-0,176	-0,382*	-0,129	0,067	0,103	0,370*
CP	0,222	-0,247	-0,234	0,264	-0,094	-	0,568*	0,556*	0,681*	-0,061	-0,664*	-0,535*	0,318*	-0,222	0,283
CC	-0,223	0,105	0,240	-0,117	0,169	0,565	-	0,197	0,395*	0,761*	-0,462*	-0,281*	0,901*	-0,851	0,287*
A2	0,122	-0,134	-0,136	0,145	-0,056	0,038	-0,043	-	0,596*	-0,169	0,231	-0,051	-0,238	0,121	-0,249
L2	-0,077	0,023	0,087	-0,024	0,082	-0,038	0,052	0,162	-	-0,015	-0,263	0,249	0,145	0,144	0,629*
CCCP	-0,261	0,069	0,276	-0,083	0,222	0,660	-0,989*	-0,043	0,045	-	-0,051	0,078	0,822*	-0,827	0,147
A2CP	-0,526	0,266	0,524	-0,279	0,405	0,429	-0,321	-0,714	0,088	-0,354	-	0,578*	-0,556*	0,339	-0,540*
L2CP	-0,695	0,249	0,708	-0,276	0,580	0,659	-0,438	0,131	-0,518	-0,514	-0,469	-	-0,236	0,442*	0,351*
CCA2	0,451	-0,299	-0,441	0,305	-0,323	0,209	-0,595	0,333	0,016	-0,574	0,501	0,101	-	-0,883*	0,407*
L2CC	-0,094	-0,228	0,076	0,228	0,207	-0,528	0,916*	0,099	-0,231	0,884*	0,211	0,152	0,661	-	0,056
L2A2	-0,180	0,139	0,195	-0,151	0,116	-0,035	0,042	0,968*	-0,401	0,039	0,655	-0,282	-0,280	-0,154	-

\*( $P < 0,05$ ); PCAR: peso de carcaça; PFIL: peso do filé com costela; RCAR: rendimento de carcaça; RFIL: rendimento de filé com costela; CP: comprimento padrão; CC: comprimento de cabeça; AC: altura do corpo; CF: circunferência do corpo; CC/CP: comprimento de cabeça/comprimento padrão; AC/CP: altura do corpo/comprimento padrão; CF/CP: circunferência do corpo /comprimento padrão; CC/AC: comprimento de cabeça/altura do corpo; CF/CC circunferência do corpo /comprimento de cabeça; CF/AC: circunferência do corpo /altura do corpo.

**Tabela 2** - Valores dos efeitos diretos e indiretos para peso da carcaça e peso do filé com costela de *Piaractus brachypomus*

Variáveis independentes	Direto		Indireto		Correlação	R <sup>2</sup>
	Efeito	%	Efeito	%		
<b>PCAR</b>						
PFIL	0,4970	52,51	0,4494	47,49	0,946*	0,99
RCAR	0,1474	49,69	-0,1493	50,31	-0,002	
RFIL	-0,1555	50,28	0,1538	49,72	-0,002	
PESO	0,4523	45,69	0,5376	54,31	0,990*	
CP	0,7894	97,36	0,0214	2,64	0,811*	
CC	0,3592	97,90	0,0077	2,10	0,367*	
AC	0,6210	99,11	0,0056	0,89	0,627*	
CF	0,8147	98,45	0,0128	1,55	0,827*	
CC/CP	0,1464	99,77	0,0003	0,23	-0,147	
AC/CP	0,3898	33,39	-0,7778	66,61	-0,388*	
CF/CP	0,1165	32,82	-0,2386	67,18	-0,122	
CC/AC	0,1085	92,36	0,0090	7,64	0,100	
CF/CC	0,0736	92,46	0,0060	7,54	0,080	
CF/AC	0,3841	98,70	-0,0051	1,30	0,389*	
<b>PFIL</b>						
PCAR	0,4814	50,87	0,4650	49,13	0,946*	0,99
RCAR	-0,0458	73,03	0,0169	26,97	-0,029	
RFIL	-0,0459	12,00	0,3364	88,00	0,290*	
PESO	0,4687	49,75	0,4734	50,25	0,942*	
CP	0,7980	99,85	0,0012	0,15	0,799*	
CC	0,3433	98,15	0,0065	1,85	0,350*	
AC	0,6239	99,08	0,0058	0,92	0,630*	
CF	0,7906	99,94	0,0005	0,06	0,791*	
CC/CP	0,1652	96,87	-0,0053	3,13	-0,160	
AC/CP	0,3669	33,00	-0,7448	67,00	-0,378*	
CF/CP	0,1529	33,80	-0,2994	66,20	-0,147	
CC/AC	0,0503	68,98	-0,0226	31,02	0,073	
CF/CC	0,0450	58,45	0,0320	41,55	0,077	
CF/AC	0,3549	96,37	0,0134	3,63	0,341*	

\*(P<0,05); PCAR: peso de carcaça; PFIL: peso do filé com costela; RCAR: rendimento de carcaça; RFIL: rendimento de filé com costela; CP: comprimento padrão; CC: comprimento de cabeça; AC: altura do corpo; CF: circunferência do corpo; CC/CP: comprimento de cabeça/comprimento padrão; AC/CP: altura do corpo/comprimento padrão; CF/CP: circunferência do corpo /comprimento padrão; CC/AC: comprimento de cabeça/altura do corpo; CF/CC circunferência do corpo /comprimento de cabeça; CF/AC: circunferência do corpo/altura do corpo.

**Tabela 3** - Valores dos efeitos diretos e indiretos para rendimento de carcaça e rendimento de filé com costela de *Piaractus brachyomus*

Variáveis independentes	Direto		Indireto		Correlação	R <sup>2</sup>
	Efeito	%	Efeito	%		
<b>RCAR</b>						
PFIL	-1,2188	50,60	1,1900	49,40	-0,029	0,99
PCAR	2,5899	49,98	-2,5917	50,02	-0,002	
RFIL	-0,3144	32,35	0,6576	67,65	0,343*	
PESO	-1,1656	53,28	1,0222	46,72	-0,143	
CP	0,0385	23,73	-0,1238	76,27	-0,085	
CC	0,2881	65,78	-0,1499	34,22	0,138	
AC	0,0898	25,98	-0,2559	74,02	-0,166	
CF	0,0131	20,05	-0,0522	79,95	-0,039	
CC/CP	0,2674	35,26	-0,4910	64,74	0,224	
AC/CP	0,3764	49,01	-0,3916	50,99	-0,015	
CF/CP	0,2413	58,43	-0,1717	41,57	0,070	
CC/AC	-0,2664	35,17	-0,4910	64,83	0,225	
CF/CC	0,2844	38,45	-0,4552	61,55	-0,171	
CF/AC	-0,0348	18,61	-0,1520	81,39	0,117	
<b>RFIL</b>						
PCAR	-1,1076	50,04	1,1058	49,96	-0,002	0,99
PFIL	-2,0264	46,66	2,3169	53,34	0,290*	
RCAR	0,0821	23,92	0,2611	76,08	0,343*	
PESO	-1,0388	51,14	0,9926	48,86	-0,046	
CP	0,0473	71,82	0,0186	28,18	0,066	
CC	0,0076	11,90	0,0564	88,10	0,064	
AC	0,0562	83,89	-0,0108	16,11	0,045	
CF	0,0139	59,87	-0,0093	40,13	0,005	
CC/CP	0,0244	33,66	-0,0480	66,34	0,024	
AC/CP	-0,0245	62,69	-0,0146	37,31	-0,039	
CF/CP	0,1168	37,79	-0,1923	62,21	-0,075	
CC/AC	0,2133	53,18	0,1878	46,82	0,026	
CF/CC	-0,0397	58,93	-0,0277	41,07	-0,067	
CF/AC	0,0266	28,82	0,0656	71,18	-0,039	

\*(P<0,05); PCAR: peso de carcaça; PFIL: peso do filé com costela; RCAR: rendimento de carcaça; RFIL: rendimento de filé com costela; CP: comprimento padrão; CC: comprimento de cabeça; AC: altura do corpo; CF: circunferência do corpo; CC/CP: comprimento de cabeça/comprimento padrão; AC/CP: altura do corpo/comprimento padrão; CF/CP: circunferência do corpo /comprimento padrão; CC/AC: comprimento de cabeça/altura do corpo; CF/CC circunferência do corpo /comprimento de cabeça; CF/AC: circunferência do corpo/altura do corpo.

## DISCUSSÃO

As correlações lineares positivas e significativas entre PESO, PCAR, PFIL com as medidas CP, CC, AC e CF pode ser explicada pelo fato que à medida em que ocorre aumento do tamanho do animal, proporciona também o crescimento da carcaça, filé e também das medidas morfológicas, conforme relatado em outras espécies de Serrasalmideos que não atingiram o peso assintótico (Reis Neto et al., 2012).

A diferença entre os coeficientes de correlação entre as medidas morfométricas com o PESO, PCAR e PFIL pode ser explicado por haver crescimento heterogônico entre as medidas morfométricas e entre o PCAR e o PFIL em relação ao peso corporal, e já foi comprovado em piracanjuba (*Brycon orbignyana*) (Gomiero et al., 2009). Além disso, o inter-relacionamento entre as variáveis por meio dos efeitos diretos e indiretos, causam alterações no coeficiente de correlação, que já foi verificado em tilápias (*Oreochromis niloticus*) (Melo et al., 2013).

A razão CF/AC se mostrou correlacionado positivamente com o PESO, PCAR e PFIL, indicando, que os peixes com maior arqueamento de costela, menor altura e dentro da mesma faixa de peso são preferíveis tanto para a indústria quanto para os produtores, apresentando maiores valores de peso corporal, da carcaça e do filé com costela. Dessa forma, deve haver uma preferência para animais com formato mais circular, em relação aos ovais, em cortes realizados na inserção da nadadeira dorsal.

A correlação negativa entre AC/CP com as mesmas variáveis descritas anteriormente, sugerem que animais mais compridos, menores em altura e mais compridos são preferíveis, dando suporte a afirmação anterior. Dessa forma, o comprimento e a circunferência do animal se destacam como as medidas mais associadas linearmente com o PESO, PCAR e PFIL.

Os baixos coeficientes de correlação linear e não significativos entre as variáveis morfológicas, PESO e PCAR e PFIL com os rendimentos avaliados, ou seja RCAR e RFIL, podem explicados pela pouca variação destes rendimentos durante essa faixa de peso avaliado, pois as variáveis de rendimentos corporais apresentam menor variação que as demais variáveis, e já foi verificado em algumas espécies de peixes, em que estas variáveis apresentam menor coeficiente de variação (Geraldo et al., 2015; Reis Neto et al., 2012). Resultados similares foram encontrados em pacu, em que foi constatado correlação não significativa entre os rendimentos corporais e as variáveis morfométricas (Costa, 2011).

A falta de coerência entre as correlações parciais e a simples, justifica-se pelo fato da correlação simples mensurar a associação linear entre duas variáveis, já o coeficiente de correlação parcial mede a associação entre duas variáveis após o controle dos efeitos de uma ou mais variáveis (Souza et al., 2014; Donazzolo et al., 2017).

Entretanto, as variáveis variam de forma simultânea, ocorrendo o inter-relacionamento entre as mesmas, e torna inseguro embasar somente nas correlações como parâmetro de escolha de uma determinada característica. Além disso, a análise de correlação por si só não permite que seja tirado conclusões de causa e efeito, correlações são ferramentas em que se consegue medir apenas o grau de associação entre as variáveis em estudo (Souza et al., 2014; Nogueira et al., 2012; Cabral et al., 2016).

Os coeficientes de determinação dos modelos utilizados para realização da regressão em crista foram superiores a 0,99, superiores aos encontrados na literatura em trabalhos de análise em trilha (Reis Neto et al., 2012; Melo et al., 2013; Cabral et al., 2016; Donazzolo et al., 2017). Assim, os modelos explicativos adotados expressaram a relação de causa e efeito entre as variáveis dependentes e independentes por meio da análise em trilha.

Na decomposição dos coeficientes de correlação do PCAR e do PFIL, embora tenha sido observado que as medidas morfométricas e o CF/AC foram as variáveis que apresentaram maiores efeitos diretos, sendo responsáveis por mais de 90% na correlação com estas variáveis (PCAR e PFIL), apenas os CP e CF apresentaram correlação alta e próximas aos coeficientes de trilha, sendo ambos do mesmo sinal.

Variáveis com coeficientes de trilha com mesmo sinal e magnitude do coeficiente de correlação são determinantes do comportamento da variável dependente (Gomes, 1996; Pacheco et al., 2011). Dessa forma, os resultados indicam que o CP e o CF são as variáveis que mais estão associadas diretamente com o PCAR e PFIL. Assim, se a intenção do melhorista for selecionar pirapitingas com maiores pesos de carcaça e de filé com costela, as medidas CP e CF são as variáveis mais indicadas, devendo ser escolhidos os animais com maiores valores destas.

Em peixes redondos (*Colossoma macropomum* e *Piaractus mesopotamicus*) também foi observado que as medidas morfométricas podem ser utilizadas para seleção indireta de peixes com maiores pesos, melhores características de carcaça e filé. Sendo que as medidas mais importantes na determinação do peso corpóreo e rendimento de carcaça foram o CC, AC e CC/AC, e para filé, file com costela a razão LC/CP foi a

variável mais adequada podendo ser usada diretamente pela indústria de pescado (Reis Neto et al., 2012).

As medidas e razões morfométricas também podem ser utilizadas para avaliação do pesos e rendimentos corporais em tilápias, sendo o CP a medida de maior efeito direto com o RCAR (63,04%) (Melo et al., 2013). Ainda, segundo os autores a razão LC/CC foi a mais determinante para a variação de rendimentos e de filé nas duas diferentes categorias de peso avaliada, e a razão entre a LC/CP e o CC são as mais importantes para a determinação das características de carcaça da tilápia do Nilo.

Embora o peso corporal tenha alta correlação com o PCAR e PFIL, esta correlação é causada por efeitos indiretos, ou seja, por meio de outras variáveis. Dessa forma, esta variável não pode ser utilizada para selecionar indiretamente animais com maiores PCAR e PFIL.

O RCAR e o RFIL não apresentaram correlações com a maioria das variáveis independentes, sendo que quando foi significativo as correlações foram de baixas a moderadas e com o coeficiente de trilha indireto menor que o direto. A falta de correlação significativa do RCAR e RFIL com as variáveis morfométricas e o peso corporal indicam que estas foram pouco eficientes para explicar as variações existentes entre os rendimentos corporais. Podendo ser um indicativo que exista uma ou mais variáveis não mensuradas, que também, podem influenciar os rendimentos estudados, ou que os rendimentos dependem mais da eficiência do processamento do que das características intrínsecas à matéria-prima, como o peso corporal, a forma do corpo e suas relações.

Em outras espécies essa baixa correlação entre as variáveis morfométricas e peso corporal com os rendimentos corporais já foram observadas (Diodatti et al., 2008; Turra et al., 2010; Botelho, 2016.) As medidas lineares são parâmetros confiáveis para se estimar os pesos de carcaça e de filé, mas não para os rendimentos destes componentes (El-Ibiary e Joice, 1978). Tais observações relatadas pelos autores corroboram com os resultados encontrados no presente estudo.

## CONCLUSÕES

Na avaliação do peso corporal, peso de carcaça, peso do filé com costela, pode-se usar as medidas morfométricas, pois apresentaram altas correlações e fortes efeitos diretos com alto coeficiente de determinação, sendo que as variáveis, circunferência do corpo e comprimento padrão as mais indicadas, devendo ser escolhido os animais com os maiores valores para essas medidas, e foi confirmado pela análise de trilha. Essas duas variáveis podem servir como critério para seleção indireta na busca por peixes com melhores características de carcaça. Já para os rendimentos de filé e carcaça as variáveis morfométricas não mostraram ser eficientes para seleção indireta para seleção destes caracteres.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Boscolo, W. R., Signor, A., Freitas, J. M. A., Bittencourt, F.; Feiden, A. 2011. Nutrição de peixes nativos. *Revista Brasileira Biociências*, 40, 145-154
- Botelho, H. A. 2016. Medidas morfométricas na avaliação de pesos e rendimentos corporais de *Astyanax lacustris* (Lütken, 1875) E *Astyanax fasciatus* (Cuvier, 1819) (Characiformes, Characidae). 75 p. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Cabral, P. D. S.; Amaral Junior, A. T.; Freitas, I. L. J. ; Ribeiro, R. M. ; Silva, T. R. C. 2016 . Relação causa e efeito de caracteres quantitativos sobre a capacidade de expansão em milho-pipoca. *Revista Ciência Agronômica (UFC. Online)*, v. 47, p. 108-117.
- Costa, A. C. 2011. Medidas morfométricas na avaliação de pesos e rendimentos corporais de pacu *Piaractus mesopotamicus* e tambaqui *Colossoma macropomum* 64 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Costa, A. C.; Balestre, M.; Botelho, H. A.; Freitas, R. T. F. de.; Gomes, R. C. S. ; Campos, S. A. S. ; Foresti, F. P. ; Hashimoto, D. T. ; Martins, D. G. ; Prado, F. D. ; Mendonca, M. A. C. 2017. Imputation of genetic composition for missing pedigree data in Serrasalminae using morphometric data. *Scientia Agricola*, v. 74, p. 443/449.
- Donazzolo, J.; Salla, V. P.; Sasso, S. A. Z.; Danner, M. A.; Citadin, I.; Nodari, R. O. 2017. Path analysis for selection of feijoa with greater pulp weight. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.47, n. 6.
- Charnet, R.; Luna, C. A. L.; Charnet, E. M. R.; Bonvino, H. 2008. Análise de modelos de regressão linear com aplicações. 2ª ed. Editora da UNICAMP, 356p.

- Diodatti, F. C. Tadeu, R.; Freato, T. A. 2008. Parâmetros morfométricos en el rendimiento de los componentes corporales de tilapia del nilo (*oreochromis oreochromis*). Anales de Veterinaria de Murcia, v. 24, p. 45-55.
- El-ibiary, H. M.; Joice, J. A. 1978. Heritability of body size traits, dressing weight and lipid content in channel. Journal of Animal Science, Champaign, v. 47, n. 1, p. 82-88.
- Espósito, D. P. Peternelli, L. A.; Paula, T. O. M. de.; Barbosa, M. H. P. 2012. Path analysis using phenotypic and genotypic values for yield components in the selection of sugarcane families. Ciência Rural, v.42, n.1, p.38-44.
- Flores Nava, A. 2007. Aquaculture seed resources in Latin America: a regional synthesis. In: Assessment of freshwater fish seed resources for sustainable aquaculture (ed Bondad-Reantaso MG). FAO Fisheries Technical Paper, No. 501, FAO, Rome.
- Geraldo, A. M. R.; Cunha, L.; Hoshiba, M. A.; Cardoso, M. S.; Silva, V. C.; Tamajusuku, A. S. K. 2015. Fillet and carcass yield and fillet chemical composition of piava From fish farming and from the wild. Boletim do Instituto de Pesca (Online) v. 41, p. 743-749.
- Gomes, T. C. A. 1996. Análise de trilha no estudo de fatores físicos e químicos relacionados ao adensamento e, ou, à compactação em dois solos do norte de Minas Gerais. 105p. (Tese de Mestrado). UFV, Viçosa- MG.
- Gomiero, J. S. G.; Freitas, R. T. F. de.; Santos, V. B. dos.; Silva, F. F. da.; Rodrigues, P. B.; Logato, P. V. R. 2009. Curvas de crescimento morfométrico de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). Ciência e Agrotecnologia, Lavras v. 33, n.3, p. 882-889.
- Haffray, P.; Bugeonb, J.; Rivarda, Q.; Quitteta, B.; Puyoa, S.; AllaMelouc, J. M.; Vandepuited, M.; Dupont-Nivetd, M. 2012. Genetic parameters of in-vivo prediction of carcass, head and fillet yields by internal ultrasound and 2D external imagery in large rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, v.10, p.410–411, p. 236-244.
- Honglang, H. (2007) Freshwater fish seed resources in China. In Assessment of Freshwater Fish Seed Resources for Sustainable Aquaculture (Ed. M. G. BondadReantaso), pp. 185–199. FAO Fisheries Technical Paper No. 501. Rome: FAO.
- Jorge, P. H.; Mastrochirico-Filho, V. A.; Hata, M. E ; Mendes, N. J.; Ariede, R. B.; Freitas, M.V.; Vera, M. R.; Porto-Foresti, F.; Hashimoto, D. T . 2018. Genetic Characterization of the Fish *Piaractus brachypomus* by Microsatellites Derived from Transcriptome Sequencing. Frontiers in Genetics, v. 9, p. 1-12.
- Kunita, N. M.; Oliveira, C. A. L.; Oliveira, S.N.; Yoshida, G.M.; Rizzato, G.S.; Resende, E. K.; Ribeiro, R. P. 2013. Avaliação genética de características morfométricas em tilápias do Nilo cultivadas. Archivos de Zootecnia, Cordoba, v. 62, n. 240, p. 555-566.

- Melo, C. C. V. Reis Neto, R. V.; Costa, A. C.; Freitas, R. T. F. de.; Freato, T. A.; Souza, U. N. de. 2013. Direct and indirect effects of measures and reasons morphometric on the body yield of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, Maringá, v. 35, n. 4, p. 357-363.
- Montgomery, D. C.; Peck, E. A. Introduction to linear regression analysis. 2nd ed. New York: J. Wiley, 1992. 544 p.
- Nogueira, A. P. O.; Sedyama, T.; Sousa, L. B. de.; Hamawaki, O. T.; Cruz, C. D.; Pereira, D. G.; Matsuo, E. 2012. Path analysis and correlations among traits in soybean grown in two dates sowing. *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 28, n. 6, p. 877-888.
- Pacheco, E. P.; Cantalice, J. R. B. 2011. Análise de trilha no estudo dos efeitos de atributos físicos e matéria orgânica sobre a compressibilidade e resistência à penetração de um Argissolo cultivado com cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, v. 35, p. 417-428
- Pedrazzani, A.S. Carneiro, P. C. F., Kirschnik, P. G.; Molento, C. F. M. 2009. Impacto negativo de secção de medula e termonarrose no bem-estar e na qualidade da carne da tilápia-do-Nilo. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.10, n.1, p.188-197.
- Reis Neto, R. V.; Freitas, R. T. F. de.; Serafini, M. A.; Costa, A. C.; Freato, T. A.; Rosa, P. V.; Allaman, I. B. 2012b. Interrelationships between morphometric variables and rounded fish body yields evaluated by path analysis. *Brazilian Journal of Animal Science*, Brasília, v. 41, n. 7, p. 1576-1582.
- Reis Neto, R. V.; Serafini, M. A.; Freitas, R. T. F. de.; Allaman, I. B.; Mourad, N. M. N.; Lago, A. de. A. 2012. Performance and carcass traits in the diallel crossing of pacu and tambaqui. *Brazilian Journal of Animal Science*, Brasília, v. 41, n.12, p. 2390-2395.
- Ribeiro, F. M.; Freitas, P. V. D. X.; Santos, E. O. dos.; Sousa, R. M. de.; Carvalho, T. A.; Almeida, E. M. de.; Santos, T. O. dos.; Costa, A. C. . Alimentação e nutrição de Pirapitinga (*Piaractus brachypomums*) e Tambaqui (*Colossoma macropomum*): Revisão. *Pubvet (Londrina)*, v. 10, p. 873-882, 2016
- Salla, V. P.; Danner, M. A.; Citadin, I.; Zolet Sasso, S. A.; Donazzolo, J.; Gil, B. V. 2015. Análise de trilha em caracteres de frutos de jabuticabeira. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.50, n.3, p.218-223.
- Souza, T. V.; Silveira, S. C.; Scalon, J. D. 2014. Análise de trilha na relação entre características morfológicas do milho e sua produtividade de grãos. *Revista da Estatística da Universidade Federal de Ouro Preto*, v. 3, p. 124-128.
- Souza, T. V.; Ribeiro, C. M.; Scalon, J. D.; Guedes, F. L. 2014. Relações entre componentes de rendimento e características morfológicas de milho. *Revista Magistra*, v. 26, p. 495.

Turra, E. M.; Oliveira, D. A. A.; Teixeira, E. A.; Prado, S. A.; Melo, D. C.; Sousa, A. B. 2010. Uso de medidas morfométricas no melhoramento genético do rendimento de filé da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Rev. Bras. Reprod. Anim., Belo Horizonte, v.34, n.1, p.29-36.

Wright, S. 1921. Correlation and causation. Journal of Agricultural Research, Washington, v.20, n.7, p.557-585.

Wright, S. 1923. Theory of path coefficients. Genetics, New York, v.8, p.239-285.