UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GROSSO DO SUL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E DESENVOLVIMENTO NA REGIÃO CENTRO-OESTE

BRUNA LARISSA SPONTONI DO ESPIRITO SANTO

LARANJINHA DE PACU (*Pouteria glomerata* (Miq.) Radlk): CARACTERIZAÇÃO DO FRUTO E POTENCIAL PARA MODELO IN VIVO

CAMPO GRANDE

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GROSSO DO SUL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E DESENVOLVIMENTO NA REGIÃO CENTRO-OESTE

BRUNA LARISSA SPONTONI DO ESPIRITO SANTO

LARANJINHA DE PACU (*Pouteria glomerata* (Miq.) Radlk): CARACTERIZAÇÃO DO FRUTO E POTENCIAL PARA MODELO IN VIVO

Defesa apresentada como requisito para a obtenção do Título de Mestre em Ciências da Saúde pelo Programa de Pós Graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, sob a orientação da Profª. Drª. Karine Cássia de Freitas e coorientação da Profª. Drª. Elisvania Freitas dos Santos.

CAMPO GRANDE

2017

AGRADECIMENTOS

A Deus por me amparar nos momentos difíceis, me dar força interior para superar as dificuldades, mostrar os caminhos nas horas incertas e me suprir em todas as minhas necessidades.

Aos meus pais, Paulo e Shirlei, meu infinito agradecimento. Sempre acreditaram em minha capacidade, me incentivando a persistir nos meus sonhos, e me acharam a melhor de todas, mesmo não sendo. Isso só me fortaleceu e me fez tentar, não ser a melhor, mas a fazer o melhor de mim. Obrigada pelo amor incondicional!

Aos meus irmãos, Bárbara e Gabriel, meu agradecimento especial, pois, cada um a seu modo, sempre se orgulharam de mim e confiaram em meu trabalho. Obrigada pela confiança!

Ao meu querido esposo, Felipe, por ser tão importante na minha vida. Sempre a meu lado, me pondo para cima e me fazendo acreditar que posso me superar a cada dia. Devido a seu companheirismo, amizade, paciência, compreensão, apoio, alegria e amor, este trabalho pôde ser concretizado.

Às minhas orientadoras Profª Drª Karine de Cássia Freitas e Profª Drª Elisvânia Freitas dos Santos por acreditarem em mim, me mostrar o caminho da ciência, por fazerem parte da minha vida nos momentos bons e ruins. Sempre disponíveis e dispostas a ajudar, querendo que eu aproveitasse cada segundo dentro do mestrado para absorver algum tipo de conhecimento. Fizeram-me enxergar que, por trás de uma dissertação, existe mais do que pesquisadores e resultados, existe vidas humanas. Vocês não foram somente orientadora e co-orientadora, mas, em muitos momentos, conselheiras, confidentes, mães e amigas. Vocês foram e são referências profissionais e pessoais para meu crescimento. Obrigada por estarem ao meu lado e acreditarem tanto em mim! Às duas, muito obrigada por serem exemplos de profissional e de mulheres as quais sempre farão parte da minha vida.

À Profª Drª Priscila Aiko Hiane. Muito obrigada por acreditar no futuro desse projeto e contribuir para o meu crescimento pessoal e profissional.

À minha grande amiga Érica Caroline pelos momentos que dividimos juntas. Uma amizade verdadeira que tornou o trabalho muito mais leve mesmo nos dias mais difíceis. Aos poucos nos tornamos mais que amigas, irmãs!!! Obrigada por dividir comigo as angústias e alegrias e ouvir minhas bobagens e confusões. Se hoje eu entrego esse projeto finalizado, foi porque você esteve ao meu lado durante todo o tempo me ajudando, me apoiando e confiando em mim, mesmo nos momentos em que eu mesma duvidava. Eu não poderia ter uma parceira melhor do que você. Essa amizade, eu levo dessa etapa para a vida toda.

À Lidiani, uma pessoa que “caiu” na minha vida e me mostrou que a união faz toda a diferença. Muito obrigada por tornar a caminhada mais fácil e por me incentivar no caminho da pesquisa, outra irmã que fiz durante os projetos de pesquisa. Foi - e ainda é - muito bom poder contar com você!

Às meninas, Sandramara, Vivian, Mirelly, Priscila Figueiredo, Priscila Cristovam, por toda ajuda e apoio que precisei em todas as etapas do mestrado. Meus sinceros agradecimentos por nunca me abandonarem nesse percurso.

Aos professores e técnicos dos laboratórios da Faculdade de Medicina e da Unidade de Tecnologia de Alimentos, em especial Osmar, Ulana, Camila e Márcio que, com ensinamentos, orientações e amizade, me ajudaram ativa ou passivamente neste projeto. Vocês também foram referenciais para mim!

Agradeço, também, à CAPES, CNPq e Fundect pelo apoio financeiro.

Finalmente, gostaria de agradecer ao Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste por abrir as portas para que eu pudesse realizar este sonho, me proporcionando mais que a busca de conhecimento técnico e científico, mas uma lição de vida.

RESUMO

O Brasil apresenta um grande potencial para cultivo de fruteiras tropicais, subtropicais e temperadas, devido à diversidade de solos e climas. A laranjinha de pacu, *Pouteria glomerata* (Miq.) Radlk, encontrada no Pantanal, está presente nas matas ciliares, mata alagável, solos argilosos ou sitosos. A composição da laranjinha de pacu não foi completamente avaliada. Neste contexto, esta proposta pretende ampliar os estudos nessa área, avaliando as propriedades funcionais da laranjinha-de-pacu, bem como avaliar os efeitos do consumo de diferentes concentrações de liofilizado de laranjinha de pacu, em modelo experimental de obesidade. Na análise físico-química foram avaliados os teores de umidade, cinzas, proteínas, lipídios, carboidratos, valor calórico, fibra alimentar, vitamina C e minerais. A atividade antioxidante (expressa em EC50), fenóis totais e taninos foram avaliados nos extratos etanólico e acetônico. Os resultados da caracterização físico-química estão apresentados na sequência de valores do fruto e liofilizado, respectivamente. O teor de proteína encontrado foi de 1,41 e 5,17 g $100g^{-1}$. Os teores de lipídios encontrados foram de 0,79 e 3,72 g $100g^{-1}$. Em relação aos fenóis totais, o extrato acetônico apresentou em média 1957,48 mg $100g^{-1}$. Na análise de taninos, o extrato acetônico também apresentou melhores resultados. Em relação à atividade antioxidante, o extrato acetônico apresentou valores no fruto de 22,95 e no liofilizado de 7,76. mg g $DPPH^{-1}$ Em relação ao teor de vitamina C, para o fruto foram encontrados 223,16 mg 100g-1, enquanto que para o liofilizado foi encontrada quantidade 7 vezes maior. O liofilizado foi considerado fonte de cobre fornecendo 18,89% da ingestão diária recomendada. O teor de cromo encontrado no liofilizado (média de 0,22 mg $100g^{-1}$), é considerado de alto conteúdo. No experimento in vivo, o ganho de peso apresentou diferença significante entre o grupo DHL8%LP e os demais ($p<0,001$). O grupo DHL8%LP apresentou maior ingestão de energia comparada aos demais grupos que consumiram dieta hiperlipídica ($p=0,001$). Em relação à circunferência abdominal, o grupo DHL8%LP apresentou maiores valores e se diferiu dos grupos AIN ($p=0,003$). O peso final dos animais apresentou diferença significante entre DHL8%LP com maiores valores e AIN, DHL e DHL1%LP (o=0,007) O grupo DHL2%LP apresentou menores valores de HDL quando comparado aos grupos AIN e DHL8%LP. Em relação à glicemia, os valores de DHL e DHL8%LP foram mais elevados em cerca de 15,8% quando comparado aos demais. O consumo do fruto laranjinha de pacu é uma opção saudável já que o mesmo apresenta características funcionais em sua composição. De modo geral, observou-se que o grupo apresentando menor concentração do liofilizado de laranjinha de pacu, gerou maior proteção contra o ganho de peso, reduziu o consumo energético e melhorou os parâmetros bioquímicos em comparação ao grupo high fat.

Palavras-chave: *Pouteria glomerata*; Frutos do cerrado; Propriedades Funcionais; Antioxidantes; Obesidade; Ratos.

ABSTRACT

Brazil has a great potential for the cultivation of tropical, subtropical and temperate fruit trees due to its diversity of soils and climates. Laranjinha de pacu, *Pouteria glomerata* (Miq.) Radlk, of the Pantanal, is found in riparian woods, flooded forests, loamy or silt soils and used as fish bait. However, the composition of this fruit has not been fully established. The present study aimed to fill this gap through the assessment of the functional properties of *laranjinha-de- pacu* and to evaluate the effects of the consumption of different concentrations of freeze-dried laranjinha of pacu, in an experimental model of obesity The physical and chemical analyzes were performed and determinate moisture, ashes, protein, lipid, total sugar content, fiber, ascorbic acid and minerals. The antioxidant activity (expressed in EC50), total phenols and tannins were evaluated in the ethanolic and acetonic extracts. Student's t-test was used to compare the means, considering a significance of 5%. The results of the physicochemical characterization are presented in the sequence of fruit values and lyophilized, respectively. The protein content was 1.41 $g.100g^{-1}$ and 5.17 $g.100g^{-1}$. The lipid contents found were 0.79 $g.100g^{-1}$ and 3.72 $g.100g^{-1}$. In relation to the total phenols, the acetone extract was on average 1957,48 mg 100g-1. In the tannin analysis, the acetone extract also presented better results, both in the extract obtained from the fruit and the lyophilized one. Regarding antioxidant activity, the values of acetone extract obtained were as follows: fresh fruit (22.95±3.51 mg/g $DPPH^{-1}$) and freeze-dried fruit (7.768±0.27). Vitamin C (ascorbic acid) content of the fresh fruit was 223.16 mg 100g-1 and the level of ascorbic acid of the freeze-dried fruit was 7 times higher than that of the fresh fruit. The freeze-dried fruit was considered a source of copper providing 18.89% of the recommended daily intake and the fresh fruit content was 0.03 mg 100g-1. The chromium content of the freeze-dried extract of *laranjinha de pacu* (*Pouteria glomerata* (Miq.) Radlk was in average 0.22±0.03 mg 100g-1, which is considered high. The zinc content of the fresh fruit was 0.10 mg 100g-1. In the animal experiment, the weight gain showed a significant difference between the DHL8% LP group and the others ($p < 0.001$). The DHL8% LP group presented higher energy intake compared to the other groups that consumed a hyperlipidic diet ($p = 0.001$). Regarding abdominal circumference, the DHL8% LP group had higher values and differed from the AIN groups ($p = 0.003$). The final weight of the animals presented a significant difference between DHL8% LP with higher values and AIN, DHL1 and DHL1% LP ($o = 0.007$) The group DHL2% LP had lower HDL values when compared to groups AIN and DHL8% LP. Regarding glycemia, the values of DHL and DHL8% LP were higher by about 15.8% when compared to the others. The results obtained showed that fresh *laranjinha de pacu* is an important source of nutrients due to its nutritional value, amount of fibers and bioactive compounds. In general, it was observed that the group with lower concentration of freeze-dried laranjinha of pacu, generated greater protection against weight gain, reduced energy consumption and improved the biochemical parameters in comparison to the high fat group.

Keywords: *Pouteria glomerata*; Fruits of Cerrado; Functional properties; Antioxidants; Obesity; Rats.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura química de compostos fenólicos 24
Figura 2 – Laranjinha de Pacu 32
Figura 3 - Delineamento experimental 40
Figura 4 – Curvas de glicose, glicemia no tempo 0 e área sob a curva 69
Figura 5 – Curva de insulina e taxa de decaimento das curvas 70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Avaliação físico-química e valores diários recomendados – VD (porção média de 10 gramas) do fruto (casca e polpa) e do liofilizado (casca e polpa) da laranjinha de pacu (*Pouteria glomerata* (Miq.) Radlk utilizada no presente estudo..... 43

Tabela 2: Teores de fenóis totais, taninos, atividade antioxidante e vitamina C fruto no fruto (casca e polpa) e no liofilizado (casca e polpa) da laranjinha de pacu..... 47

Tabela 3: Perfil de minerais (mg 100g-1) no liofilizado (casca e polpa) e no fruto *in natura* da laranjinha de pacu por espectrometria de emissão ótica..... 52

Tabela 4: Peso Final (PF), Ganho de peso total (GPT); Ingestão Energética Total (IET); Eficiência Alimentar (EA) após suplementação com liofilizado de laranjinha de pacu 58

Tabela 5: Medidas (comprimento, circunferência torácica, circunferência abdominal), índice de Lee e IMC dos animais experimentais 60

Tabela 6: Peso dos sítios de gordura (epididimal, omental, mesentérica, perrirenal e retroperitonial) dos animais experimentais 63

Tabela 7: Parâmetros bioquímicos dos grupos experimentais antes da suplementação 66

Tabela 8: Resultados dos exames bioquímicos dos grupos experimentais após a suplementação 67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADPPH – Absorbância da solução de DPPH

AExt – Absorbância da amostra em solução

AOAC - Association of Official Analytical Chemists

ATP – Trifosfato de adenosine

CGA – Ácido clorogênico

DPPH - 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

DRI - Dietary Reference Intakes

EAG – Equivalência de ácido gálico

ERO – Espécie Reativa de Oxigênio

FAI – Fibra alimentar insolúvel

FAS – Fibra alimentar Solúvel

FAT – Fibra alimentar total

FOSHU - Food for Specified Health Uses

GI – Trato gastrointestinal

IUPAC - International Union of Pure and Applied Chemistry (União Internacional de Química Pura e Aplicada)

LDL - Low Density Lipoprotein (Lipoproteína de baixa densidade)

NF-kB – Fator nuclear kappa B

P- Fósforo (Elemento Químico)

PPM – Parte por Milhão

Vigitel - Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por Inquérito Telefônico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 12
2. REVISÃO DE LITERATURA 14
2.1 Obesidade 14
2.2 Síndrome Metabólica 17
2.3 Diabetes Mellitus 18
2.4 Alimentos Funcionais 20
2.5 Propriedades antioxidantes 23
2.6 Minerais 25
2.7 Frutos do Cerrado 29
2.8 Laranjinha de Pacu..... 31
3. Objetivos 34
3.1 Geral 34
3.2 Específicos 34
4. Materiais e métodos 35
4.1 Coleta dos frutos 35
4.2 Caracterização físico-química 35
4.3 Preparação dos extratos 36
4.4 Determinação de atividade antioxidante 37
4.5 Determinação de fenóis totais 37
4.6 Determinação de taninos 38
4.7 Perfil de minerais 38
4.8 Protocolo Experimental 39
4.8.1 Animais experimentais 39
4.8.2 Grupos experimentais e dietas 39
4.8.3 Consumo de ração e ganho de peso 40
4.8.4 Ingestão energética e Eficiência Alimentar 41
4.8.5 Avaliação da Gordura Corporal 41
4.8.6 Avaliação Antropométrica 41
4.8.7 Análises Séricas 41
4.8.8 Teste de tolerância à glicose (ipGTT) e à insulina (ipITT) 42
4.8.9 Análise Estatística 42

5. Resultados e discussão 43
6. Conclusão 72
7. Referências bibliográficas 74

1. INTRODUÇÃO

Os hábitos alimentares da população vêm sofrendo mudanças nos últimos 200 anos, colaborando para o aparecimento de obesidade e doenças crônicas como diabetes Mellitus tipo II, doenças cardíacas, entre outras. Atualmente os componentes da dieta são alimentos com maior praticidade, o que determina uma redução do consumo de fibras alimentares, favorecendo o aparecimento de doenças crônicas (KENDALL; ESFAHANI e JENKINS, 2010).

O consumo regular de frutas e hortaliças, principais fontes de fibras, foi descrito no Brasil pela Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico - Vigitel (2011). A frequência de adultos que consomem regularmente frutas e hortaliças – frequência de 5 ou mais dias da semana - variou entre 23,4% em Macapá e 46,0% em Florianópolis, sendo as maiores frequências encontradas entre mulheres, em Florianópolis (52,1%) e Belo Horizonte (51,1%). As menores frequências do consumo regular de frutas e hortaliças ocorre no sexo masculino em Boa Vista (20,5%) e Macapá (17,4%).

Estudos revelam que o consumo de fibra alimentar desencadeia inúmeros efeitos benéficos, diminuindo o risco de doenças crônicas não degenerativas como o diabetes mellitus tipo II, doenças cardiovasculares e câncer de cólon (KENDALL; ESFAHANI e JENKINS, 2010). A fibra solúvel promove a redução da digestão e absorção de macronutrientes, reduzem os níveis de lipídios séricos e de glicose pós-prandial, promovendo o controle glicêmico, efeitos atribuídos principalmente ao grau de viscosidade e de fermentação. A fibra insolúvel é fundamental para a ação intestinal. Ela possui capacidade de retenção de água disponível facilitando a eliminação do bolo fecal. Devido a sua insolubilidade elas não são metabolizadas pela flora intestinal e, portanto, não são metabolizadas pelo organismo (KENDALL; ESFAHANI e JENKINS, 2010; KACZMARCZYK; MILLER e FREUND, 2012).

Nos últimos anos aumentou-se a procura por frutas nativas e exóticas, valorizando o aroma, sabor e valor nutricional dos frutos (NASCIMENTO; MARTINS e HOJO, 2008). As frutas nativas são fontes de proteínas, fibras, vitaminas, cálcio e fósforo. Normalmente as frutas são consumidas *in natura* ou

utilizadas em algumas preparações, apresentando um potencial promissor de aproveitamento agroindustrial (RAMOS et al., 2008).

A análise da composição nutricional dos alimentos cultivados e consumidos no Brasil é de extrema importância para se avaliar a disponibilidade de nutrientes e desenvolver pesquisas sobre os benefícios do consumo (relação entre dieta e doença) (LIMA et al., 2007). Estudos que enfocam a caracterização físico-química e capacidade antioxidante dos frutos nativos e exóticos já têm sido desenvolvidos com o objetivo de determinar o valor nutricional e funcional dos frutos do Cerrado e Pantanal brasileiro (SANTOS et al., 2009; MALTA, 2011). Porém, frutos como a laranjinha de pacu não foram completamente avaliados.

O interesse na identificação dos mecanismos fisiopatológicos envolvidos na obesidade, aliados ao desenvolvimento de métodos terapêuticos mais eficientes e seguros, servem como base para o avanço das pesquisas em uma área que visa identificar alimentos que auxiliem na prevenção dessa epidemia. Dessa forma é possível ter conhecimentos mais aprofundados dos efeitos de frutos no organismo vivo. Esses estudos irão contribuir para um melhor aproveitamento e, consequentemente, para a maior valorização econômica dos frutos.

Neste contexto, esta proposta pretende caracterizar o fruto e o liofilizado da laranjinha-de-pacu (*Pouteria glomerata* (Miq.) Radlk) por meio de análises físico-químicas, perfil de bioativos e minerais, bem como avaliar os efeitos do consumo de diferentes concentrações de liofilizado de laranjinha de pacu, em modelo experimental de obesidade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Obesidade

A prevalência da obesidade vem aumentando de maneira considerável. A OMS (2015) declarou que a prevalência duplicou entre 1980 e 2014, sendo aproximadamente 1,9 bilhão de pessoas com sobrepeso e em torno de 600 milhões de obesos (OMS, 2015). Atualmente, os indivíduos obesos e sobrepesos correspondem a 17,9% e 52,5% da população mundial, respectivamente. A Pesquisa de Orçamentos Familiares – POF 2008/2009 (IBGE, 2010) mostrou que a obesidade no Brasil quadriplicou no gênero masculino e duplicou no gênero feminino ao longo de 35 anos.

A obesidade afeta todas as fases da vida e é um problema de saúde pública de nível mundial. É definida como acúmulo de gordura em excesso que constitui risco para a saúde. Um dos métodos mais utilizado para diagnosticar a obesidade é o Índice de Massa Corporal (IMC) obtido a partir da razão entre peso corpóreo (kg) e estatura (m^2) dos indivíduos, sendo classificados como obesos pessoas que apresentarem índice igual ou superior a 30 kg/m^2 (WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO, 1998) (Tabela 1). O IMC elevado é um dos principais fatores de risco para uma série de doenças crônicas como diabetes, doenças cardiovasculares e cânceres (WHO, 1998), diabetes tipo 2, hipertensão, síndrome metabólica, dislipidemia e aterosclerose (NABAVI, 2015; SIMMONS et al., 2010, VANECKOVA et al., 2014).

CLASSIFICAÇÃO	IMC
Magreza grau III	<16 kg/m^2
Magreza grau II	16 – 16,9 kg/m^2
Magreza grau I	17 – 18,4 kg/m^2
Normal	18,5 – 24,9 kg/m^2
Sobrepeso	25 – 29,9 kg/m^2
Obesidade grau I	30 – 34,9 kg/m^2
Obesidade grau II	35 – 39,9 kg/m^2
Obesidade grau III	≥ 40 kg/m^2

Quadro 1: Classificação segundo OMS (1998).

A principal causa da obesidade é o desequilíbrio na ingestão e saída de energia, com muitos casos que envolvem o consumo de altas quantidades de gordura (RODRIGUES, 2015). Esta condição resulta de um excesso crônico de ingestão calórica em relação ao gasto de energia. Isso faz com que o organismo utilize maior quantidade de carboidratos por causa do processo de reesterificação dos ácidos graxos que são depositados como triglicerídeos no tecido adiposo (RUBIN, 2010; WHO, 2009; WAITZBERG, 2006; CUPPARI, 2005).

É considerada doença por apresentar a caracterização de uma patologia com acúmulo excessivo de gordura, com relevância na estatura, gênero e idade (GREENWAY & SMITH, 2000; MARTI & MARTINEZ, 2001). O aumento do IMC causa risco para alguns tipos de câncer como esôfago, cólon e renal em homens, assim como câncer de endométrio, vesícula biliar, esôfago e renal em mulheres (KIM, 2013).

A origem da obesidade é multifatorial, envolvendo o ambiente, o estilo de vida, a interação de genes, entre outras causas. Em geral, é caracterizada pelo excesso de peso e principalmente pela desproporção do excesso de gordura corporal. À medida que essa prevalência aumenta, aumentam-se também as comorbidades associadas a essa doença (DIETZ, 2005).

A obesidade também contribui para a hipertensão, aumento dos níveis de colesterol sérico, diminuição do HDL, hiperglicemia e outros fatores associados ao risco aumentado de doenças cardiovasculares (DEFRONZO, 1991; GRUNDY, 2004). A consequência da obesidade é o surgimento do diabetes tipo II, que está associado a níveis normais ou altos de insulina circulantes e resistência periférica à ação da insulina (RUBIN, 2010).

A capacidade de estocar energia em forma de gordura durante tempos de fartura mostra uma vantagem evolutiva em um ambiente que possa ocorrer escassez de alimentos. Contudo, a evolução não conseguiu prever os avanços da sociedade e da produção de alimentos que converteram essa capacidade em uma causa de morbidade e mortalidade (RUBIN, 2010).

Há décadas o Brasil presencia o processo conhecido como transição nutricional, o qual é caracterizado pelas mudanças do padrão alimentar da população por meio da substituição das dietas tradicionais compostas por grãos, frutas e verduras, pelas dietas hipercalóricas, ricas em açúcares e deficientes em vitaminas e minerais (MONTEIRO, 1995; MONTEIRO, 2000; CANNON, 2002). O consumo elevado de alimentos hipercalóricos e a baixa frequência de atividade física, leva à um balanço energético positivo que constitui o principal fator para desenvolvimento do excesso de peso e do surgimento das doenças crônicas não-transmissíveis (DCNT) (CANNON, 2002).

O desequilíbrio no balanço energético é um fator determinante no aumento da incidência da obesidade que acarretou uma epidemia e atingiu bilhões de indivíduos a nível nacional (MANZEL et al, 2014; WANG et al., 2014)

O excesso de energia é estocado como lipídio, principalmente nos tecidos adiposos brancos do corpo. A reserva de lipídios, principalmente, sob forma de triglicerídeos, é alcançada por meio do alongamento progressivo de um número limitado de adipócitos. O tamanho dessas células aumenta e diminui em resposta a desequilíbrios entre a ingestão e o consumo calóricos (RUBIN, 2010).

Para regular o mecanismo do apetite e do peso corporal existe um equilíbrio entre neuropeptídios anabólicos e catabólicos. Alguns promovem o aproveitamento do alimento, diminuem o consumo de energia e intensificam o acúmulo de gordura, enquanto outros têm o efeito inverso (RUBIN, 2010).

Atualmente, sabe-se que o tecido adiposo é um órgão endócrino ativo que produz ácidos graxos livres, hormônios e citocinas, tais como leptina, esteroides, interleucina-6 (IL-6), fator de necrose tumoral (TNF-alfa), fator ativador de inibição de plasminogênio, angiotensinogênio, entre outros (FRÜHBECK, 2001). Algumas dessas substâncias estão relacionadas a regulação do peso corporal e ao início de algumas comorbidades.

A leptina é um hormônio relacionado ao balanço energético, onde quando há restrição dietética ocorre a diminuição dos níveis de leptina,

consequentemente diminui o gasto energético e aumenta o apetite. Quando há excesso de energia, a leptina aumenta, e como consequência há a redução do apetite e o aumento do gasto energético (BARATTA, 2002).

2.2. Síndrome metabólica

A Síndrome Metabólica (SM) é um distúrbio complexo de origem metabólica, relacionado a riscos cardiovasculares e/ou diabetes tipo 2. Os principais fatores de riscos metabólicos são dislipidemia aterogênica (hipertrigliceridemia, níveis elevados de apolipoproteína B, partículas de *Low Density Lipoprotein* - LDL - pequenas e densas e níveis baixos de *High Density Lipoprotein* - HDL), hipertensão arterial, hiperglicemia e um estado pró-inflamatório e pró-trombótico (I DIRETRIZ BRASILEIRA DE DIAGNÓSTICO E TRATAMENTO DA SÍNDROME, 2005).

Enquanto a Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda que a avaliação se inicie com a resistência à insulina ou o distúrbio do metabolismo da glicose, o *National Cholesterol Education Program's Adult Treatment Panel III* (NCEP-ATP III), considerando o uso clínico, não exige a comprovação da resistência à insulina.

A SM possui consequências negativas como as doenças cardiovasculares que inclui aterosclerose e lesões em vários órgãos do corpo. A resistência à insulina é um dos fatores de risco para doenças cardiovasculares e predispõe ao desenvolvimento de diabetes *Mellitus* tipo II (DM). Alguns mecanismos correlacionam a obesidade à resistência insulínica. O processo de resistência à insulina é gradativo e pode ser iniciado com o aumento de peso e a obesidade (GUYTON, 2006).

Alguns dos tratamentos citados podem ser não medicamentosos, através da realização de plano alimentar para a redução de peso, envolvendo o controle de macronutrientes e micronutrientes, associado a exercícios físicos. O tratamento medicamentoso da pressão arterial tem como objetivo a redução de morbidade e mortalidade cardiovascular e renal, e a prevenção do agravamento metabólico. O tratamento medicamentoso do Diabetes *Mellitus* é

utilizado quando o paciente não responde ao tratamento não medicamentoso. Nesse caso é usado antidiabéticos para o controle da glicemia e para promover a diminuição de hemoglobina glicada (I DIRETRIZ BRASILEIRA DE DIAGNÓSTICO E TRATAMENTO DA SÍNDROME METABÓLICA, 2005).

É de fundamental importância a avaliação da ocorrência da SM e os fatores associados a ela, com o intuito de contribuir nas ações de políticas públicas de promoção da saúde, visando principalmente a alimentação e a atividade física, fatores que causam grande impacto na prevenção e tratamento das doenças relacionadas a SM (SÁ, 2010).

2.3. Diabetes Mellitus

O Diabetes Mellitus (DM) é caracterizado por distúrbios metabólicos determinado por hiperglicemia decorrente de defeitos na ação e/ou secreção da insulina (SBD, 2014). Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS,1999) e a Associação Americana de Diabetes (ADA,2013), o DM é classificado em quatro classes: DM tipo 1 (DM1), DM tipo 2 (DM2), outros tipos específicos de DM e DM gestacional.

O Diabetes *Mellitus* (DM) tipo 2 é a forma mais prevalente (90-95% dos casos) e pode ocorrer em qualquer idade, contudo o diagnóstico geralmente é feito a partir dos 40 anos (SBD, 2013). É caracterizado pela diminuição da sensibilidade à insulina e/ou comprometimento da secreção de insulina (RUBIN, 2000). É uma doença com alto grau de prevalência definida pela associação de hiperglicemia e outras complicações crônicas, levando a morbidade e mortalidade (WILD, 2004). Está relacionado a complicações agudas (como a cetoacidose diabética) e complicações tardias, acometendo olhos, rins, nervos, coração e vasos sanguíneos (WILD, 2004).

O diabetes Mellitus é uma doença que apresenta riscos de complicações micro e macrovasculares que acabam se associando a neuropatias periféricas e autossômicas associadas a alterações pressóricas e cardiopatia diabética. Isso faz com que regrida a qualidade de vida e, consequentemente, a expectativa de vida dos pacientes (ARAÚJO, 2013). Muitas vezes os pacientes

são hospitalizados por causa de complicações como infecções, síndrome coronariana aguda, acidente vascular encefálico que são associados à piora da hiperglicemia (FRISCH, 2010; UMPIERREZ, 2002).

O aumento da prevalência da obesidade a nível mundial é um fator de risco para a diabetes. Segundo Wild (2004) o número de casos até 2030 pode ser consideravelmente maior – cerca de 300 milhões de pessoas serão afetadas no mundo. Isso faz com que parte significante da população seja acometida e, consequentemente, gere um sério problema de saúde pública.

Um dos principais sintomas do diabetes é a polifagia, ou seja, a excessiva ingestão de alimento devido à sensação de fome. Isso ocorre pelo fato de não existir o estímulo do centro da saciedade hipotalâmico devido ao baixo consumo de glicose pela célula. Além desse fator, pode-se observar polidipsia (excessiva ingestão de líquidos) e poliúria (maior volume urinário) causada pela glicosúria ou pela excreção de glicose pela urina por causa da alta taxa de glicose no sangue. Isso ocorre pelo fato de a glicose exercer pressão osmótica que arrasta a água e aumenta a diurese, e consequentemente, ocorre maior eliminação de água aumentando a sensação de sede (DOUGLAS, 2006).

O diagnóstico aceito para a doença com utilização da glicemia é realidade a partir de três critérios: Sintomas de poliúria, polidipsia e perda ponderal acrescidos de glicemia casual maior que 200 mg/dl; Glicemia de jejum maior ou igual a 126 mg/dl; e glicemia de 2 horas pós sobrecarga de 75 g de glicose maior que 200 mg/dl (ADA,1997; ADA, 2014).

Os principais fatores de risco que levam ao desenvolvimento da doença são: obesidade, alimentação inadequada, sedentarismo, idade avançada, histórico familiar de diabetes e aspectos étnicos. Tudo isso tem forte impacto negativo na economia e na qualidade de vida das pessoas neste século (MARTINS, 2009; INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION – IDF, 2013).

Para diminuir a prevalência, faz-se uso de vários medicamentos. Isso aumenta a chance de interações medicamentosas que devem ser

acompanhadas para evitar possíveis consequências devido a tal efeito (ARAÚJO, 2013).

O tratamento da diabetes Mellitus é apoiado na mudança de estilo de vida, hábitos alimentares, exercícios e tratamento medicamentoso, de acordo com o nível da doença. A associação de medicamentos faz com que o tratamento apresente melhores resultados em pacientes (UK PROSPECTIVE DIABETES STUDY GROUP, 1998).

Estudos revelam que o consumo de fibra alimentar desencadeia inúmeros efeitos benéficos, diminuindo o risco de doenças crônicas não degenerativas como o diabetes Mellitus tipo II. Estudos ainda demostram que a adição de fibras alimentares, principalmente solúveis, levam a um retardo do esvaziamento gástrico, da digestão e absorção de carboidratos com benefícios imediatos no metabolismo pós-prandial de glicose. O consumo diário e prolongado de dietas ricas em fibras alimentares melhoram significativamente o controle glicêmico (KENDALL; ESFAHANI e JENKINS, 2010).

2.4. Alimentos funcionais

Os alimentos funcionais agregam outros valores além daqueles tradicionalmente reconhecidos. Esse conceito surgiu como demanda da população que busca uma qualidade de vida cada vez melhor. Em todo o mundo, mas principalmente nos países desenvolvidos, aumentou a expectativa de vida, devido aos avanços das tecnologias sanitárias e médicas. Aliado a isto, percebe-se o crescimento de uma nova cultura alimentar que prima pela busca dos “alimentos originais” e que prefere resolver seus problemas funcionais ou de saúde através da melhoria e diversidade de sua dieta básica ao invés de recorrer a suplementos e complementos (NITZKE, 2012).

O conceito de alimentos funcionais surgiu inicialmente no Japão e recebeu a designação em inglês de FOSHU (*Foods for Specified Health Use*) (STRINGHETA et al, 2007), sendo o único país no qual a expressão “alimentos funcionais” é definida por lei. São alimentos compostos por ingredientes funcionais que afetam a estrutura/função do organismo. São substâncias que

propiciam benefícios à saúde e recebem selo de certificação com essa garantia (BAILEY, 2005; JONES & VARADY, 2008).

O princípio foi rapidamente adotado em outras partes do mundo, porém as definições, bem como os critérios de classificação e aprovação variam de acordo com a regulamentação local ou regional (STRINGHETA et al, 2007).

Na Austrália, a *National Center of Excellence in Functional Foods*, classifica alimentos funcionais como aqueles que correspondem às demandas dos consumidores em relação à saúde e ao bem-estar geral e que previnem ou revertem condições que comprometem a saúde. O *Institute of Food Technologists*, dos Estados Unidos afirma que são alimentos e componentes alimentares que, além da nutrição básica, trazem benefícios à saúde de uma determinada população (JONES & VARADY, 2008).

No Brasil, mesmo sem uma definição oficial, há uma conformidade sobre a definição de alimentos funcionais. São alimentos similares ou produto convencional, consumidos como parte da dieta usual que, além das propriedades nutricionais básicas, são capazes de produzir efeitos metabólicos e fisiológicos para o benefício à saúde e a diminuição de doenças crônicas não transmissíveis (LAJOLO, 2005).

No geral, alimentos funcionais são aqueles que, em razão das propriedades fisiologicamente ativas de seus componentes alimentícios, oferecem benefícios à saúde que vão além da nutrição básica, ou seja, além de fornecer nutrientes, podem prevenir ou tratar algumas doenças (HASLER, 2001).

Alguns alimentos funcionais, quando consumidos de maneira adequada, mostraram benefícios na prevenção e no tratamento de várias doenças, como as doenças crônicas não transmissíveis, por meio de diferentes mecanismos, entre eles, a redução dos níveis de colesterol sanguíneo, diminuição na formação de placas de gordura nas artérias e redução na formação de radicais livres (SILVA, 2011).

Esses alimentos podem variar de nutrientes isolados, produtos de biotecnologia, suplementos dietéticos, alimentos geneticamente construídos,

até alimentos processados e derivados de plantas. Por outro lado, os suplementos alimentares são produtos alimentícios feitos com o intuito de serem ingeridos na forma de tabletes, farinha, géis, cápsulas de gel ou gotas líquidas e que forneçam vitaminas, minerais ou outra substância dietética (MORAES e COLLA, 2006).

O registro de um alimento funcional só pode ser realizado após comprovada a alegação de propriedades funcionais ou de saúde com base no consumo previsto ou recomendado pelo fabricante, na finalidade, condições de uso e valor nutricional, quando for o caso ou na(s) evidência(s) científica(s): composição química ou caracterização molecular, quando for o caso, e ou formulação do produto; ensaios bioquímicos; ensaios nutricionais e ou fisiológicos e ou toxicológicos em animais de experimentação; estudos epidemiológicos; ensaios clínicos; evidências abrangentes da literatura científica, organismos internacionais de saúde e legislação internacionalmente reconhecidas sob propriedades e características do produto e comprovação de uso tradicional, observado na população, sem associação de danos à saúde (MORAES e COLLA, 2006).

Alimentos funcionais devem ser seguros e é necessário providenciar dados médicos e nutricionais que esclareçam os efeitos benéficos destes alimentos; documentação sobre a ingestão diária para produzir tais efeitos, assim como a estabilidade dos componentes ativos e detalhes sobre suas análises quantitativas (HUGGET e VERSCHUREN, 1996).

O Guia Alimentar para a População Brasileira do Ministério da Saúde recomenda o estímulo à prática de atividades física, a adoção de uma dieta variada e alerta para não se “mitificarem” com os compostos funcionais dos alimentos (BRASIL, 2005). Os alimentos funcionais são uma parte importante do bem-estar, para o qual também são necessárias uma dieta equilibrada e atividade física (IFIC, 2004).

A legislação brasileira não apresenta lei reportando aos alimentos funcionais. Define apenas as propriedades funcionais e a importância à saúde, estabelece instruções para a utilização e os registros dos alimentos (BRASIL, 1999a; BRASIL, 1999b).

2.5 Propriedades antioxidantes

O extresse oxidativo equivale ao excesso de radicais livres presentes no organismo. É o resultado do desequilíbrio entre a peroxidação (produção de radicais livres) e a capacidade de inibir a oxidação, com maior quantidade de elementos de oxigênio reativos e reduzida produção de antioxidantes para neutralizar o metabolismo do organismo (AW et al., 1991; EVELO et al., 1992). O aumento da ingestão de nutrientes com propriedades antioxidantes auxilia o sistema de defesa do organismo a se equilibrar frente as reações de danos oxidativos e ocorre defesa antioxidante de células e tecidos (COSTA, 2011).

Os radicais livres são átomos ou grupos de átomos, com um elétron desemparelhado. Isso faz com que esses elementos sejam altamente reativos e as reações produzidas por eles resultam em outros radicais livres (reação em cadeia). Geralmente, os radicais livres são gerados pelo metabolismo, mas se intensificam a partir da exposição ao estresse, luz solar, poluição, entre outras (YOUNG e LOVE, 2001).

Os antioxidantes são compostos que podem prevenir ou reduzir os danos oxidativos gerados nos lipídios, proteínas e ácidos nucléicos causados por espécies de oxigênio reativo, que incluem os radicais livres, logo, os antioxidantes têm a capacidade de reagir com os radicais livres e prevenir os malefícios dos mesmos no organismo. Também ajudam a prevenir a incidência de doenças degenerativas, como câncer e doenças cardiovasculares, além de retardar o envelhecimento precoce (PIMENTEL, FRANCKI, GOLLÜCKE, 2005).

Os alimentos, principalmente frutas e verduras, possuem compostos que apresentam significantes atividades antioxidantes capazes de restringir a propagação e as lesões produzidas pelos radicais livres. Algumas dessas substâncias são vitaminas A, C e E, flavonoides, carotenoides, tocoferóis, taninos, entre outros (STAVRIC,1994; DEGÁSPARI e WASZCZYNSKYJ, 2004).

A vitamina C ou ácido ascórbico encontra-se naturalmente em alimentos na forma reduzida (ácido ascórbico) e na forma oxidada (ácido deidroascórbico). O ácido ascórbico é um material branco, hidrossolúvel e

cristalino, facilmente oxidado pelo calor. Possui funções de formação de colágeno – substância proteica que liga as células. Ele ativa a enzima propil-hidroxilase fazendo com que forme um composto ativo. Outra função é a participação no metabolismo dos aminoácidos fenilalanina e tirosina. Também está presente aumentando a biodisponibilidade de ferro, além da atividade antioxidante (COSTA, 2011).

Os fenóis são uma classe metabólitos secundários e componentes antioxidantes presente em frutas e vegetais. Estão nessa classe os ácidos fenólicos, flavonoides, tocoferóis, podendo ser lipofílicas ou hidrofílicas. Podem ser classificados de acordo com a sua estrutura básica – fenóis simples, benzoquinonas, ácidos fenólicos, cumarinas, cromonas, chantonas, flavonoides, lignanas e ligninas (WOLLGAST e ANKLAM, 2000). Outra forma de classificação é de acordo com a massa molecular – baixa massa molecular (ácidos hidroxibenzóicos); intermediária (flavonoides); e alta (taninos) (ESCARPA E GONZALEZ, 2001).

Os compostos fenólicos apresentam em suas estruturas anel aromático contendo um ou mais grupos de hidroxila (DUBICK e OMAYE, 2001).

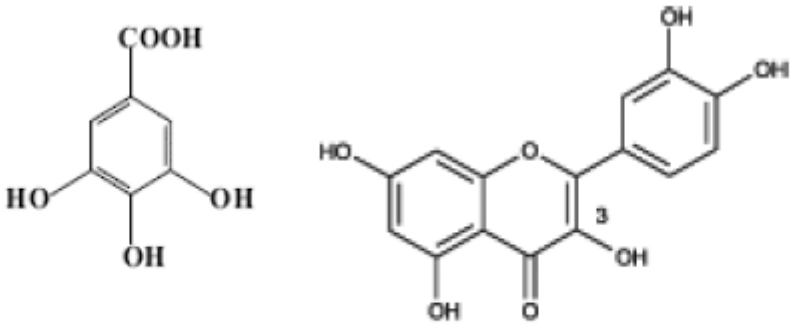

Figura 1: Estrutura química de compostos fenólicos (Fonte: DUBICK e OMAYE, 2001).

Os compostos fenólicos são doadores de hidrogênio e a atividade antioxidante está relacionada a quantidade de hidroxilas e a posição presente

na estrutura. A presença de elétrons doadores no anel benzênico está associada a essa capacidade do anel aromático suportar o desemparelhamento de elétrons (RAMIREZ-TORTOZA, 2001).

Os flavonoides são um grupo de compostos fenólicos amplamente presente em frutas e vegetais. São subdivididos em antocianinas, flavanas (catequinas, epicatequinas, procianidina), flavanonas, flavonas, flavonóis e isoflavonoides (LOPES, 2000). A sua estrutura é composta por um esqueleto de difenil propano ($C_6C_3C_6$) com dois anéis aromáticos (A e B) ligados a um anel pirano (C) (BEHLING, 2004).

A atividade antioxidante dos flavonoides depende da sua estrutura, além de levar em consideração alguns aspectos como reatividade com agente doador de elétrons, estabilidade do radical flavanoil formado, reatividade em relação a outros antioxidantes, capacidade de capturar metais de transição e solubilidade e interação com as membranas (BARREIROS, 2006). Quanto menor o potencial de oxidação dos flavonoides, maior é a sua atividade como "sequestrador" de radicais livres. Quanto maior o número de hidroxilas, maior a atividade como agente doador de hidrogênio e elétrons (RICE-EVANS, 1997; CAO, 1997).

Esse potencial de oxidação faz com que os flavonoides também possam prevenir várias doenças crônicas como câncer, doenças degenerativas e doenças cardiovasculares. Outras funções que os flavonoides possuem são a atividade antiviral, antimicrobiano, atividade anti-inflamatória, antiulcerogênicos e antialergênicos (GATTUSO, 2007).

2.6 Minerais

Os minerais são considerados elementos essenciais para várias funções no organismo. A deficiência de minerais é sinalizada por sintomas graves como anemia por deficiência de ferro, falta de cromo no diabetes, problemas de crescimento na escassez de níquel. Porém, alguns metais apresentam efeito tóxico como chumbo, cádmio, mercúrio, arsênio e molibdênio. Geralmente a

toxicidade de minerais pesados ocorre em situações de acidentes ou advindos do solo e águas subterrâneas em ecossistemas agrícolas (TUTIC et al., 2015).

Os minerais estão envolvidos em vários distúrbios metabólicos, pois estes participam como ativadores enzimáticos em diversas reações metabólicas. Participam de vias associadas ao estresse oxidativo, sendo assim, podem ser relacionados ao diabetes, obesidade e sobrepeso. Particularmente, a falta de cromo, cobre, potássio e molibdênio foram significativamente associados com sobrepeso e obesidade, e dessa forma, pode contribuir para o diabetes tipo 2 e síndrome metabólica (SUN et al., 2012).

O potássio é um dos íons que exerce papel importante na pressão osmótica e no equilíbrio hídrico e ácido básico do organismo (COZZOLINO, 2012). O potássio é necessário para a função celular normal. Pequenas alterações na concentração de potássio extracelular podem afetar a relação potássio extracelular-intracelular e, portanto, afetar a transmissão neural, a concentração muscular e o tônus muscular. Os canais de potássio vêm sendo estudados e têm sido reconhecidos como importantes alvos terapêuticos para o tratamento de algumas doenças, como esclerose múltipla, enxaquecas e diabetes. Ainda, podem estar associados a doenças autoimunes. A inibição de canais como Kv 1.3 é capaz de reduzir o ganho de peso em animais obesos por acelerar metabolismo. Por conseguinte, este canal é proposto como um novo tratamento da obesidade (PÉREZ-VERDAGUER et al., 2016).

O cobre apresenta funções orgânicas específicas por ser constituinte de enzimas com atividade de oxidação e redução. Ele está presente também no metabolismo do esqueleto, no sistema imunológico e na redução do risco de doenças cardiovasculares (COZZOLINO, 2012). Percebeu-se que indivíduos com patologias como diabetes e obesidade podem apresentar um desequilíbrio de cobre, pois o mesmo atua na regulação de glicose e no metabolismo de lipídios. A modulação da atividade fisiológica da ATP7B (ATPase que transporta cobre) está ligada ao metabolismo energético por meio de insulina e glucagon, e poderia auxiliar a compreender os mecanismos envolvidos na

ruptura da homeostase do cobre em pacientes diabéticos e obesos (HILÁRIO-SOUZA et al., 2016).

O cromo equivale a um mineral-traço que participa no metabolismo de carboidratos, podendo agir na estimulação da sensibilidade à insulina (MERTZ, 1969; CLARKSON, 1997). A suplementação de cromo foi avaliada em relação a patologias como diabetes e obesidade, onde o teor de cromo é deficiente. No estudo foi avaliado a suplementação de cromo III e encontraram uma redução da concentração de glicose sérica, da probabilidade de aterosclerose e ataque cardíaco, além de diminuir os níveis de colesterol e de lipoproteínas de baixa densidade (LDL). Deste modo, a suplementação de complexos vitamínicos/mineral, alimentos fortificados e bebidas energéticas são comuns no tratamento de diabetes e obesidade (LEWICKI et al., 2014).

Os efeitos do cromo ainda são questionados em distúrbios relacionados ao metabolismo de glicose e lipídios. Visto que, os efeitos foram encontrados apenas em pacientes com alguma descompensação em relação a hiperglicemia, hiperinsulinemia e hiperlipidemia, portanto, em indivíduos saudáveis não há este efeito protetor, devendo ter cautela e conhecer os possíveis efeitos colaterais de uma suplementação desequilibrada (LEWICKI et al., 2014). Em um outro estudo, utilizando a suplementação de picolinato de cromo também não encontrou melhora na sensibilidade à insulina em indivíduos não-diabéticos sob condições normais, ainda, a suplementação isolada de cromo de forma inadequada poderá contribuir para causar complicações como a resistência à insulina (MASHARANI et al., 2012). Logo, podemos compreender que a suplementação de cromo apresenta efeito positivo apenas para indivíduos com complicações no metabolismo de glicose e lipídios, logo, uma suplementação errônea poderá gerar complicação, como citado, resistência à insulina.

Cheng et al. (2004) avaliaram a suplementação de cromo (1000µg/dia) sobre o estresse oxidativo em pacientes com diabetes tipo 2 e indivíduos normoglicêmicos. No entanto, não foi encontrada diferença durante a suplementação nas vias antioxidantes (superóxido dismutase, glutationa peroxidase, catalase). Assim, sugerem que a suplementação de cromo foi uma

estratégia de tratamento eficaz para minimizar o aumento do estresse oxidativo em pacientes com diabetes Mellitus do tipo 2, porém, nos indivíduos normoglicêmicos este pode agir como pró-oxidante.

O fósforo (P) é de vital importância para muitos aspectos do metabolismo, incluindo a mineralização óssea, a utilização de energia e apresenta uma relação com sistema imunológico, destacando a formação de osteoblastos e desempenho na ativação do receptor NF-kB (OSTER et al., 2016). Também é relatado melhorar a sensibilidade à insulina, a qual está envolvida no metabolismo dos lipídios, associado a incidência de doença cardiovasculares, principalmente sobre a formação de ateroma (HAZIM et al., 2014).

Ainda, o fósforo pode estar inversamente relacionado com a glicose e insulina sérica. Khattab et al., (2015) encontraram resultados promissores em relação a glicose e insulina pós-prandial em um período de 60 minutos. Deste modo, foi associado a melhoria da sensibilidade à insulina. Estes benefícios podem ser atribuídos aos benefícios do fósforo em melhorar a insulina mediada pela fosforilação periférica, a qual é altamente dependente da disponibilidade de fósforo extracelular ou exógena.

O fósforo participa de todas a reações metabólicas relacionadas a liberação e consumo de energia, por fazer parte da estrutura de ATP (adenosina trifosfato). O aumento do teor de fósforo de uma refeição e a fosforilação hepática pode influenciar no estado de ATP hepático, que por sua vez contribui para a redução da ingestão de energia na refeição subsequente, promovendo saciedade, sendo assim, esta hipótese aponta o fósforo com um papel importante no controle da ingestão alimentar (OBEID; DIMACHKIE; HLAIS, 2010).

Marin et al. (2009) analisaram o teor de minerais (cálcio, fósforo, magnésio cobre, zinco e ferro) de 18 frutos encontrados na região de Cerrado como gabiroba (*Campomanesia pubescens* (DC.) O. Berg), cagaita (*Eugenia dysenterica* Mart. ex DC.), marmelo (*Alibertia edulis* (A. Rich.) L. Rich), bacupari (*Salacia crassifolia* (Mart.) Peyr.), cajuzinho (*Anacardium humile* Mart.), mangaba (*Hancornia speciosa* Gomez), lobeira (*Solanum aff.*

lycocarpum St. Hil.) araticum (*Annona crassiflora* Mart.), pitomba (*Talisia esculenta* Radlk), pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd), ingá (*Inga alba* (Sw.) Willd), siriguela (*Spondias purpurea* L.), buriti (*Mauritia flexuosa* Linn.f.), murici (*Byrsonima verbascifolia* Rich. ex Juss.), jenipapo (*Genipa americana* L.), jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne) e amêndoa de baru (*Dipteryx alata* Vog.). Os frutos com menor teor de umidade apresentaram maior teor de minerais como o jatobá, macaúba e amêndoa de baru; e ocasionalmente maior valor calórico. Os demais frutos apresentaram teor de umidade acima de 60% e encontraram resultados satisfatórios para o perfil de minerais.

Silva (2008) avaliou o conteúdo de cálcio, zinco e ferro em 11 frutos do Cerrado, sendo eles macaúba (*Acrocomia aculeata* Mart), caju-do-Cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz), araticum (*Annoma crassiflora* Mart), murici (*Byrsonima verbascifolia* Rich), gabiroba (*Compomanesia cambessedeana* Berg), cagaita (*Eugenia dysenterica* Dc), mangaba *(Hancornia speciosa* Gómez), puçá (*Mouriri pusa* Gard), araçá (*Psidium araca* Raddi), chichá (*Sterculia striata* A. St. Hil. & Naud) e pitomba (*Talisia esculenta* Radlk). Entre eles, a macaúba e o chichá se destacaram, apresentando melhores resultados para vários parâmetros avaliados. No perfil de minerais, o teor de cálcio foi de 116,7 mg 100g-1 e 130,0 mg 100g-1, para o chichá e macaúba, enquanto que para o zinco manteve a tendência apresentando 2,33 mg 100g-1 e 2,15 mg 100g-1, porém para o conteúdo de ferro, o chichá se destacou com 8,43 mg 100g-1, enquanto que a macaúba obteve resultados intermediários com 0,88 mg 100g-1.

2.7. Frutos do Cerrado

O Brasil apresenta um grande potencial para cultivo de fruteiras tropicais, subtropicais e temperadas, devido à diversidade de solos e climas. Atualmente aumentou-se a procura por frutas nativas e exóticas, valorizando o aroma, o sabor e o valor nutricional dos frutos (NASCIMENTO; MARTINS e HOJO, 2008). Principalmente na região Centro-Oeste, o Cerrado apresenta-se como bioma predominante, de clima e solo favorável ao cultivo de várias

espécies de frutas nativas que são as principais fontes de fibras e vitaminas. Normalmente as frutas são consumidas *in natura* ou aplicadas em algumas preparações, apresentando um potencial promissor de aproveitamento agroindustrial (RAMOS et al., 2008).

O Cerrado e o Pantanal apresentam uma grande riqueza de espécies que podem ser consideradas “Plantas do Futuro”, ainda desconhecidas ou pouco utilizadas por comunidades locais, o que pode ser causado pelo desconhecimento das propriedades das mesmas ou pela falta de incentivo comercial. A substituição da vegetação natural e o manejo inadequado de muitas culturas têm levado à perda de oportunidades que poderiam melhorar o comércio regional (ROESLER, 2007; VIEIRA, 2010).

Por outro lado, ultimamente, as frutas nativas do Cerrado têm despertado interesse crescente, devido às suas propriedades nutricionais e funcionais aliadas ao potencial para agregar valor e conservar a biodiversidade deste bioma. Segundo Costa et al., (2013) e Jimenez-Garcia et al., (2013) uma dieta rica em frutas e vegetais apresenta um impacto positivo sobre várias doenças crônicas, como a obesidade, diabetes, câncer, doenças cardiovasculares e degenerativas, visto que, os frutos são fontes de vitaminas, minerais e fibras e alguns apresentam um grande potencial antioxidante. Neste contexto, pode-se afirmar que os valores nutricionais e terapêuticos provêm de compostos bioativos. Estes estão presentes em pequenas quantidades nos alimentos, não apresentam valor nutricional, porém são vitais na manutenção da saúde. Principalmente os polifenóis, presentes nas frutas, são capazes de promover benefícios à saúde (COSTA et al., 2013).

No organismo humano, o sistema imunológico utiliza mecanismos como antioxidantes para controlar o ataque dos radicais livres sobre as moléculas de DNA, proteínas e lipídios. Sendo assim, os antioxidantes são considerados substâncias capazes de estabilizar os radicais livres, tornando-os estáveis. Logo, a atividade antioxidante apresenta um papel fundamental na proteção celular durante um processo inflamatório, envelhecimento, diabetes, doenças neurodegenerativas e câncer (NGO et al., 2012; COLOMEU et al., 2014).

Nascimento et al. (2013) verificaram o efeito positivo da suplementação com polpa de Camu-camu na alimentação de ratos obesos, com redução do peso corporal em aproximadamente 31,7%, redução da gordura visceral (36,4%) e da gordura epididimal (24%) quando comparados com o grupo controle. Em relação ao perfil lipídico observou redução de colesterol, triglicerídeos, lipoproteínas de baixa densidade (LDL) e lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL). Também, a glicose sérica reduziu cerca de 23% nos ratos obesos. Assim, a suplementação da polpa de Camu-camu levou a redução dos fatores de riscos de doenças associadas com a obesidade. Ainda, os autores relatam que a presença de compostos fenólicos e de flavonóides, principalmente a quercetina são fundamentais na prevenção e controle de doenças crônicas, pois, apresentam propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e na regulação de lipídios séricos.

Lenquiste et al. (2012) verificaram o efeito da suplementação com casca de jabuticaba liofilizada sobre os perfis lipídicos e na resistência à insulina de ratos obesos. Foram administradas três dietas com concentrações de casca de jabuticaba (1, 2 e 4%), e os autores observaram que a suplementação foi capaz de reduzir a hiperinsulinemia dos animais alimentados com dieta hiperlipídica. No entanto, na dieta com 2% promoveu elevados níveis de lipoproteína de alta densidade (HDL) apresentando um efeito cardioprotetor.

O conhecimento da composição nutricional dos alimentos cultivados e consumidos no Brasil é de extrema importância por ser um estudo fundamental para se avaliarem a disponibilidade de nutrientes e desenvolver pesquisas sobre os benefícios do consumo (relações entre dieta e doença) (LIMA et al., 2007).

2.8 Laranjinha de Pacu

A laranjinha de pacu, *Pouteria glomerata* (Miq.) Radlk, pertence à família Sapotaceae, e é conhecida também como laranjinha, moranguinha e parada. É encontrada na América do Sul (Brasil, Argentina, Paraguai, Bolívia, Equador, Guiana, Peru, entre outros) e na América Central. No Brasil é encontrada

principalmente no Amazonas, Pará, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. No Pantanal habita as matas ciliares, mata alagável, solos argilosos ou sitosos. É um arbusto ou árvore com até 10 metros de altura, apresenta os frutos carnosos, com a casca amarela quando maduros. Frutifica de maio a julho (SILVA et al., 2010; DAMASCENO JÚNIOR e SOUZA, 2010).

Segundo Pott; Pott e Sobrinho (2004), a laranjinha de pacu é encontrada nas regiões ribeirinhas e utilizada como iscas de peixes, principalmente o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) no Pantanal brasileiro. Ainda, no Pantanal pode ser encontrada no formato de uma moranga (formando gomos na casca), e recebe o nome de moranguinha (DAMASCENO JÚNIOR e SOUZA, 2010).

Em sua maior constituição, a polpa, representando 63,41% do fruto (SILVA, 2010), é rica em vitamina C, e tem um sabor azedo, porém agradável. Para valorizar a sua utilização é recomendada para a elaboração de sucos, doces e sorvetes. A elaboração de geleias com a laranjinha de pacu também é uma forma de aproveitamento do fruto, por apresentar um teor de acidez importante (ácido tartárico e málico) e o teor de pectina capaz de formar gel, o que caracteriza as geleias de frutas (DAMASCENO JÚNIOR e SOUZA, 2010). O fruto laranjinha de pacu está demonstrado na Figura 2.

Figura 2: Laranjinha de pacu. (Fonte: O autor.)

Pesquisas recentes com investigação sobre o valor nutricional e atividade antioxidante da laranjinha de pacu têm sido realizadas. Silva (2010) avaliou o potencial nutricional de frutos do Cerrado como caraguatá, tarumá, laranjinha de pacu, araçá, pateiro e saputá. Todos os frutos foram avaliados quanto às suas características físicas, umidade, teor de fenólicos, taninos e

atividade antioxidante. A laranjinha de Pacu apresentou elevada taxa de atividade antioxidante e isso pode estar associado ao teor de compostos fenólicos encontrados que foram maiores quando comparados as outras amostras analisadas. Por isso, o fruto pode ser uma alternativa de consumo para obtenção de compostos fenólicos e taninos aproveitando sua atividade antioxidante

Recentemente Batista (2013) avaliou a qualidade nutricional e atividade antioxidante da laranjinha do pacu do Cerrado e do Pantanal brasileiro, e utilizou para as análises, a polpa e casca do fruto. Avaliou características químicas como umidade, pH, acidez, sólidos solúveis, minerais (manganês, zinco, ferro e cobre) e compostos bioativos (compostos fenólicos, taninos, vitamina C e atividade antioxidante). A laranjinha de pacu apresentou valores superiores de zinco e manganês na polpa, quando comparado a casca, e teores de cobre somente na casca. O ácido ascórbico apresentou elevados valores tanto na casca quanto na polpa sendo maiores do que em outros frutos do Cerrado comparados no trabalho. Em relação aos compostos bioativos, a atividade antioxidante, fenóis e taninos tiveram maior extração via aquosa.

Estudos realizados para valorizar os frutos do Cerrado de acordo com seu potencial funcional, considerando seus constituintes, podem promover benefícios à saúde do indivíduo, principalmente pelo perfil de bioativos encontrados nos frutos. Porém, não foram encontrados resultados na literatura que identificaram quais os bioativos presentes na laranjinha de pacu. Também não foram encontrados resultados quanto a ensaios biológicos, utilizando animais experimentais. Os ensaios *in vivo* são necessários para a comprovação dos benefícios no controle ou no tratamento de doenças crônicas como obesidade, diabetes mellitus tipo II, doenças cardiovasculares e dislipidemias para a inserção dos frutos nativos e exóticos na alimentação da população.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Caracterizar o fruto e o liofilizado da laranjinha-de-pacu (*Pouteria glomerata* (Miq.) Radlk) por meio de análises físico-químicas, perfil de bioativos e minerais, bem como avaliar os efeitos do consumo de diferentes concentrações de liofilizado de laranjinha de pacu, em modelo experimental de obesidade.

3.2 Objetivos Específicos

- Determinar a composição físico-química e quantificar o teor de compostos fenólicos, taninos totais, atividade antioxidante e teor de vitamina C presentes no fruto e liofilizado da laranjinha-de-pacu;

-Identificar e quantificar o perfil de minerais do fruto e liofilizado por meio de espectrometria de emissão ótica;

- Avaliar o estado nutricional dos animais experimentais por meio de avaliação antropométrica (ganho de peso, comprimento, circunferência torácica e abdominal, IMC e índice de Lee);

- Avaliar o consumo alimentar, eficiência alimentar e ingestão energética dos animais estudados;

- Analisar o percentual de gordura corporal (Epididimal, mesentérica, omental, perrirenal, retroperitoneal) dos grupos experimentais;

- Analisar indicadores bioquímicos plasmáticos: HDL, LDL, VLDL, colesterol total, triglicerídeos, glicose, AST (aspartato aminotransferase), ALT (alanina aminotransferase);

- Avaliar se o consumo da laranjinha de pacu associada à dieta hiperlipídica exerce influência sobre o desenvolvimento da resistência à insulina (teste de tolerância à glicose **(ipGTT**) e à insulina (**ipITT**)).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Coleta dos frutos

Os frutos da *Pouteria glomerata* foram coletados no Brasil, no estado de Mato Grosso do Sul, em área urbana da cidade de Miranda nas seguintes coordenadas: 20°14'16,47'' S; 56°22'53,42'' W, no período da safra (maio a julho). Possui registro no herbário CGMS da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul sob o número 53554.

Os frutos coletados foram acondicionados em isopor com gelo para o transporte até o laboratório. Após o transporte foram selecionados, descartando-se os deteriorados e os danificados. Após a seleção, os frutos foram lavados com água corrente e solução de hipoclorito a 200 ppm e secos naturalmente. Os frutos foram cortados ao meio e as sementes foram retiradas manualmente. Os frutos com casca foram congelados a -18°C. Uma parte dos frutos foram mantidos *in natura* e outra parte foi submetida ao processo de liofilização.

Os frutos (casca e polpa) foram secos em liofilizador Liobras (Lp1010)® por um período de 24h. Após esse processo, a amostra liofilizada foi triturada com o auxílio de um liquidificador por aproximadamente um minuto. O produto em pó obtido foi armazenado em plásticos estéreis - vedados - devidamente identificados, diminuindo, desta forma o ganho de umidade do produto. O produto também foi enrolado em papel alumínio para menor exposição à luz. Logo, o produto criodessecado foi armazenado em freezer convencional em temperatura a -18°C para utilização nas análises.

4.2 Caracterização físico-química

As análises físico-químicas foram realizadas nas amostras do fruto *in natura* e do fruto liofilizado. As análises foram realizadas com três repetições e cada repetição em triplicata. A determinação de umidade (012/IV) e cinzas (018/IV) seguiu metodologias do Instituto Adolfo Lutz (ZENEBON, et al., 2008); de proteínas foi realizada pelo método de Micro-Kjeldahl (981.10) e de lipídios pelo método de Soxhlet (920.39), através da extração direta com solvente orgânico, de acordo com metodologias da AOAC (2000). A determinação de

carboidratos foi realizada através de cálculo teórico (por diferença) nos resultados das triplicatas, conforme a fórmula: % Carboidratos = 100 – (% umidade + % proteína + % lipídios + % cinzas + % fibra alimentar).

O valor calórico total (Kcal) foi calculado utilizando os seguintes valores: lipídios (8,37 Kcal/g), proteína (3,36 Kcal/g) e carboidratos (3,60 Kcal/g), conforme Ingestão Dietética de Referência - DRIs (2005).

O teor de fibra alimentar solúvel e insolúvel foi determinado pelo método enzimático com a utilização de α-amilase (Termamyl®), digestão enzimática com protease (Alcalase®) e amiloglicosidase (AMG®) para a hidrólise e filtração alcoólica para extração dos resíduos fibrosos segundo procedimento (985.29) descrito pela AOAC (2000).

O conteúdo do ácido ascórbico (967.21) foi determinado por titulação com 2,6 diclorofenolindofenol segundo método da AOAC (1995), com resultados expressos em mg de ácido ascórbico por 100g de amostra. O Valor Diário Recomendado (VD) foi calculado em relação a 100g do fruto, com base nos valores preconizados para adultos (média de homens e mulheres) de 19 a 50 anos (DRI, 2005), resultando em: 2213 kcal/dia, 275,5 g/dia de carboidratos, 82,9 g/dia de proteínas, 82,25 g/dia de lipídios e 15,98 g/dia de fibra alimentar.

4.3 Preparo dos extratos

Os extratos foram preparados realizando-se extrações: etanólica 70%, hidroacetônica 80% conforme Roesler et al. (2007). As extrações foram realizadas no fruto *in natura* e liofilizado com alíquotas da amostra preparada, utilizando-se solvente específico na proporção de 1:3 fruto:solvente (m/m). As alíquotas das amostras pesadas foram homogeneizadas por 20 min. Em seguida, acrescentou-se a segunda partição do solvente de 1:3 fruto:solvente (m/m) e permaneceu no ultrassom por 20 min, a temperatura ambiente. Os materiais do fruto e do liofilizado foram filtrados em gaze e reextraídos com solvente na mesma condição, sendo o volume do filtrado recolhido em balão de 50 mL e 100 mL, respectivamente. Os extratos foram concentrados em evaporador rotatório a vácuo, na temperatura de 20ºC e submetidos à

determinação de compostos fenólicos, taninos e da atividade antioxidante (ROESLER et al., 2007; BATISTA, 2013).

4.4 Determinação de capacidade antioxidante

A atividade antioxidante caracterizada como a capacidade de sequestrar radicais livres foi avaliada utilizando o método fotocolorimétrico do radical livre estável DPPH (1,1-difenil-2-picril hidrazil) (ALI et al., 2009). O método se baseia no sequestro do radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazila (DPPH) pelos antioxidantes, e leitura em espectrofotômetro em 517 nm. A partir dos extratos etanólicos e hidroacetônicos foram preparados com a quantidade de 1800µL de DPPH (0,004% $m.v^{-1}$) e o volume final foi ajustado para 2000µL. A capacidade de sequestrar radical livre foi expressa a partir do percentual de inibição de oxidação do radical, calculado conforme formula: % Inibição = ((ADPPH – AExtr)/ADPPH)*100. Onde ADPPH é a absorbância da solução de DPPH e AExtr é a absorbância da amostra em solução (ROESLER, et al., 2007). Os resultados foram expressos em IC50, que representa a massa em gramas de amostra por grama de DPPH utilizado na reação (RUFINO et al., 2010).

4.5 Determinação de fenóis totais

A quantificação dos fenóis totais foi realizada por Folin-Ciocalteau (SWAIN&HILLS, 1959), o qual envolve a redução do reagente por compostos fenólicos da amostra com a formação de um complexo azul a 760 nm. Para leitura das amostras foram pipetados 0,5mL do extrato e adicionados 2,5mL do reagente de Folin-Ciocalteau e 2mL de solução de carbonato de sódio. Foi construída uma curva padrão com ácido gálico nas concentrações de 0,025; 0,075; 0,09; e 0,105 mg/mL. As leituras foram realizadas à 760nm. Os resultados foram expressos em mg de equivalente de ácido gálico em 100 g^{-1} de amostra a partir da fórmula: EAG=(C*V/M)*100, onde, C= concentração obtida na curva (mg/mL), V= volume de amostra na reação (mL), M= massa da amostra na reação(g). Para tratamento estatístico, foi utilizado o teste *t* de *student*, considerando $p<0,05$ como probabilidade mínima entre as médias.

4.6 Determinação de taninos

A quantificação dos taninos totais foi realizada pelo método Folin-Dennis (BRASIL, 2005). Para leitura das amostras foram pipetados 0,5mL do extrato e adicionados 1,0mL do reagente de Folin-Dennis e 1mL de solução saturada de carbonato de sódio, completando o volume para 10mL com água destilada. Foi construída uma curva padrão com acido tânico. Os resultados foram expressos em mg de equivalente de ácido tânico em 100 g^{-1} de amostra fresca a partir da fórmula: EAT=(C*V/M)*100, onde, C= concentração obtida na curva (mg/mL), V= volume de amostra na reação (mL), M= massa da amostra na reação(g). Para tratamento estatístico, foi utilizado o teste *t* de *student*, considerando $p<0,05$ como probabilidade mínima entre as médias.

4.7 Perfil de Minerais

Os minerais foram determinados no Laboratório de Metabolismo Mineral e Biomateriais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande, Mato Grosso do Sul. As amostras foram digeridas com HNO_3 (MERCK) e H_2O_2 (MERCK) em frascos fechados de Hostaflon, pressurizado, com aquecimento em digestor (Thermo Fisher Scientific, Cambridge, Inglaterra). Após a digestão das amostras, a solução resultante foi transferida para os frascos volumétricos e o volume completado com água purificada, obtida por desionização pelo equipamento Milli-Q (Millipore®). Para a determinação de minerais foi utilizada Espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado-ICP OES (Thermo Fisher Scientific, Cambridge, Inglaterra), modelo iCAP 6300 Duo (POUSSEL & MERMET,1995). Os minerais analisados foram molibdênio, silício, fósforo, cromo, zinco, cobre, cadmio, sódio, cálcio, potássio, níquel, magnésio, manganês, ferro e cobalto.

4.8 Protocolo experimental

4.8.1. Animais experimentais

Foram utilizados 90 ratos machos da linhagem Wistar, recém-desmamados com 21 dias de vida (aproximadamente 50 g), fornecidos pelo Biotério Central/Centro de Ciências Biológicas e da Saúde/UFMS. Os ratos foram alojados em gaiolas coletivas no laboratório de Ensaios Biológicos da UFMS, no qual as condições ambientais foram controladas a fim de manter a temperatura em 22 ± 2°C, umidade relativa do ar 50-60% e ciclo claro/escuro de 12 horas.

4.8.2 Grupos experimentais e dietas

Os animais experimentais foram divididos em três grandes grupos: 1) Grupo controle (AIN-93), ratos com a dieta normal baseada na AIN-93 (REEVES; NIELSEN; FAHEY, 1993); 2) Ratos com dieta hiperlipídica (DH) controle; 3) Grupos experimentais: a) Dieta hiperlipídica com suplementação de 1% da amostra preparada (casca e polpa homogeneizada) de laranjinha de pacu (LP) (DH1%LP); b) Dieta hiperlipídica com suplementação de 2% da amostra preparada (casca e polpa homogeneizada) de laranjinha de pacu (DH2%LP); c) Dieta hiperlipídica com suplementação 4% da amostra preparada (casca e polpa homogeneizada) de laranjinha de pacu (DH4%LP); d) Dieta hiperlipídica com suplementação de 8% da amostra preparada (casca e polpa homogeneizada) de laranjinha de pacu (DH8%LP).

Inicialmente os animais foram separados em dois grandes grupos: dieta normolipídica (AIN) e dieta hiperlipídica (DHL). Após o período de indução a obesidade (8 semanas), os animais foram divididos em 6 grupos iguais para a suplementação (8 semanas): Dieta normolipídica (AIN); dieta hiperlipídica (DHL); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 1% na dieta (DHL1%LP); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 2% na dieta (DHL2%LP); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 4% na dieta (DHL4%LP); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 8% na dieta (DHL8%LP). A dieta foi substituída a cada 2 dias para prevenir a oxidação da gordura e compostos bioativos. Antes do início da

suplementação com laranjinha de pacu, os animais do grupo com dieta hiperlipídica foram repartidos em grupos semelhantes em relação ao peso para suplementação com as diferentes concentrações de laranjinha de pacu liofilizada.

O delineamento experimental está representado abaixo na Figura 3.

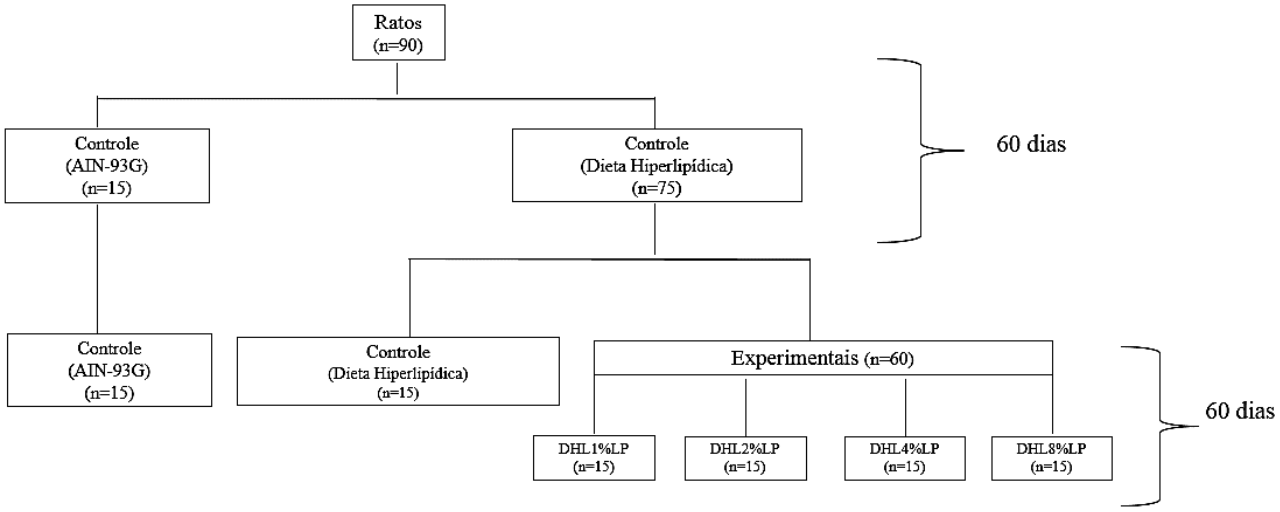

Figura 3: Delineamento experimental. Controle AIN-93: dieta padrão AIN-93; Controle Dieta Hiperlipídica (DHL): Dieta com 31% de banha e 4% de óleo de soja; Grupos experimentais: Dietas hiperlipídicas + suplementação de laranjinha de pacu (DHL1%LP; DHL2%LP; DHL4%LP; DHL8%LP).

Os animais receberam dieta e água em condições *ad libitum*. Ao final do período experimental, todos os animais foram anestesiados (Ketamina e Xilazina) para realização da coleta de sangue por punção cardíaca. Após a coleta, os animais foram submetidos a eutanásia em câmara de CO_2.

4.8.3 Consumo de ração e Ganho de massa

O controle da ingestão de dieta foi realizado três vezes na semana (a cada 2 dias), considerando a diferença em gramas entre a quantidade ofertada e a quantidade restante. A avaliação do peso corporal dos animais foi verificada duas vezes na semana em balança semi-analítica (Marte®).

4.8.4 Ingestão energética e eficiência alimentar

A ingestão de energia Total (IE) (Kcal) e a eficiência alimentar (EA) (%) foi calculada de acordo com as equações propostas por Novelli et al. (2007): IE= consumo alimentar total x valor energético. EA (%) = média de ganho de peso corporal x 100 / ingestão de energia.

4.8.5 Avaliação da gordura corporal

Após a eutanásia, os sítios de gorduras omental, retroperitoneal, epididimal, mesentérica e perrirenal de cada animal foram totalmente removidas e pesadas em balança analítica (Marte®), para comparação entre os grupos (NASCIMENTO, 2013).

4.8.6 Avaliação antropométrica

- Comprimento: Foi determinado, medindo-se a distância entre o focinho e a base da cauda (NOVELLI, et al., 2007).

- Circunferência torácica e abdominal: Foi medida logo após a pata dianteira, e a circunferência abdominal, aferida na parte anterior ao ante pé (NOVELLI et al., 2007).

- Índice de Lee e Índice de Massa Corporal: Foram calculados conforme a metodologia descrita por Novelli et al. (2007).

- Índice de Lee: Raiz quadrada de peso corporal (g) dividido pelo comprimento (cm) (focinho ao ânus).

- Índice de massa corporal (g/cm^2): peso corporal (g) / altura ^{2} (cm).

4.8.7 Análises séricas

No dia anterior à eutanásia, os animais foram alojados em gaiolas individuais e deixados por 8 horas de jejum. O sangue dos animais foi coletado por punção cardíaca, após os mesmos terem sido anestesiados. Após a coleta, o sangue foi centrifugado à 7.000rpm/15min em centrífuga (Fanem®, Modelo: 206/1, São Paulo, São Paulo) para obtenção do soro. Foram analisados os seguintes parâmetros com kit da marca Labtest®: glicemia, triglicerídeos, colesterol total e frações (HDL, LDL, VLDL), AST (aspartato aminotransferase), e ALT (alanina aminotransferase).

4.8.8 Teste de tolerância à glicose (ipGTT) e à insulina (ipITT)

O ipGTT foi realizado 5 dias antes de finalizar o experimento. Os animais dos grupos estudados, após 8 horas de jejum, foram pesados, e logo após foi verificada a glicemia de jejum via caudal (tempo 0), com o uso de um glicosímetro portátil (Injex Sens II®). Em seguida, os animais receberam via oral (gavagem) glicose na concentração de 2 g/kg peso corporal. A glicemia foi verificada aos 15, 30, 60 e 120 min após a administração da glicose. O teste ipITT foi realizado 5 dias antes da eutanásia. O teste foi executado nos animais em estado alimentado, foram pesados e, em seguida, foi verificada a glicemia no estado alimentado (tempo 0). Em seguida, foi aplicado 1,5 U/kg de insulina (Novorapid Penfill®) via intraperitoneal, e a glicemia verificada nos tempos 3, 6, 9 e 12 minutos, conforme Lenquiste et al. (2012).

4.8.9 Análise estatística

Para os resultados da caracterização do fruto e liofilizado de laranjinha de pacu foi utilizado o *test t* de *student*. Logo, para os dados do ensaio *in vivo* foi utilizado a análise de variância (ANOVA), com pós teste de Tukey para o confronto das médias. Foi utilizado o software SigmaStat, considerando $p<0,05$ como probabilidade mínima aceitável para diferença entre as médias.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise do Fruto

A avaliação físico-química foi realizada no fruto (casca e polpa) e no liofilizado (casca e polpa liofilizada) da laranjinha de pacu (*Pouteria glomerata* (Miq.) Radlk) (Tabela 1).

Tabela 1: Avaliação físico-química e valores diários recomendados – VD (porção média de 10 gramas) do fruto (casca e polpa) e do liofilizado (casca e polpa) da laranjinha de pacu (*Pouteria glomerata* (Miq.) Radlk utilizada no presente estudo

Constituintes	**Fruto (g 100g^{-1})**	**(%VD)***	**Liofilizado (g 100g^{-1})**	**(%VD)***
Umidade	79,62±0,35	ND	9,88±0,15	ND
Cinzas	0,70±0,01	ND	3,12±0,08	ND
Proteínas	1,41±0,20	0,17	5,17±0,56	0,62
Carboidratos totais	6,22±0,13	0,23	27,73±0,18	1,01
Lipídios	0,79±0,09	0,10	3,72±0,11	0,45
Fibras totais	11,26±0,02	7,05	49,23±0,01	30,80
Calorias (Kcal 100g^{-1})	74,28	3,36	325,56	14,71

Dados expressos como média da triplicata ± desvio-padrão da média (DP). *%VD: Percentual de Valores Diários com base em uma dieta de 2213 Kcal (DRI, 2005). *ND: Não disponível

O fruto apresentou alto teor de água em sua composição e, se comparado a outros frutos do gênero Pouteria, a laranjinha de pacu apresenta maior quantidade de água. O Abiu (*Pouteria caimito* Radlk.) apresenta entre 61 e 85,9 g 100g^{-1} de umidade em sua composição (LOVE, 2011). O Mamey (*Pouteria sapota* Jacq.) possui 63,8 g 100g^{-1} de umidade (YAHIA, 2011a). Enquanto que a lúcuma (*Pouteria lucuma* (Ruiz and Pav.) Kuntze) possui 62 g 100g^{-1} de umidade (YAHIA, 2011b).

O processo de liofilização representa a perda de peso sofrida pelo produto quando aquecido em condições que a água é removida. Nesse processo, além de eliminar a água do alimento, elimina-se voláteis nas condições em que são submetidas (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Se

comparado a Resolução RDC nº 273, de 22 de setembro de 2005, que preconiza frutas secas e desidratadas com no máximo, 25 g $100g^{-1}$ de umidade, o fruto liofilizado apresenta-se na faixa de conformidade (BRASIL, 2005).

O teor de proteína encontrado foi de 1,41 g $100g^{-1}$ para o fruto e 5,17 g $100g^{-1}$ para o liofilizado, considerado de baixo teor proteico conforme classificação da resolução nº 54 de 2012 (BRASIL, 2012). Segundo Dietary Reference Intakes (DRI's) o valor indicado de consumo de proteína diário de uma pessoa adulta (19-50 anos) seria em média de 82,25 g/dia (DRI, 2005). Um fruto da laranjinha de pacu possui peso médio de 10 gramas e isso equivale a 1,74 % de consumo diário recomendado. Os valores de Abiu (LOVE, 2011), Mamey (YAHIA, 2011a) e Lúcuma (YAHIA, 2011b) foram de 0,8-2,1 g $100g^{-1}$, 3,1 g $100g^{-1}$ e 2,3 g $100g^{-1}$, respectivamente.

Os teores de lipídios encontrados no fruto e liofilizado foram de 0,79 g $100g^{-1}$ e 3,72 g $100g^{-1}$, respectivamente. Conforme a legislação de n° 54 de 2012, alimentos com no máximo 3 g $100g^{-1}$ de lipídios são considerados alimentos de baixo teor lipídico. Porém, quando inferior a 0,5 g $100g^{-1}$ pode considerar que o produto não contém lipídio. O valor encontrado no fruto foi similar aos encontrados na literatura para o Abiu (LOVE, 2011), com 0,4-1,6g. O Mamey (YAHIA, 2011a) e a lúcuma apresentam menor quantidade de lipídio sendo, 0,1g e 0,2g, respectivamente. A recomendação diária de gorduras totais, segundo as DRI's para um adulto é em média de 82,25g por dia (DRI, 2005). O valor de lipídio encontrado na laranjinha equivale a menos que 1% da recomendação diária.

Quanto ao teor de carboidratos totais no fruto (casca e polpa) foram de 9,34 g $100g^{-1}$, e para o liofilizado foram 36,80 g $100g^{-1}$. O valor de carboidrato encontrado na laranjinha de pacu é muito menor comparado aos outros frutos do mesmo gênero Pouteria. O Abiu apresentou valores de 14,5-36,3 g $100g^{-1}$ (LOVE, 2011); O Mamey apresentou 31,8 g $100g^{-1}$ (YAHIA, 2011a) e a Lúcuma apresentou 33,2 g $100g^{-1}$ (YAHIA, 2011b). Os valores dos frutos apresentados acima são similares aos valores obtidos no liofilizado. A recomendação diária de carboidratos totais, segundo as DRI's (DRI, 2005) para um adulto é em

média de 275,5g por dia. O valor de carboidrato encontrado em 10g de laranjinha de pacu equivale a 2,25% da recomendação diária.

Pode-se dizer que, em relação as fibras, o fruto é classificado como rico. Conforme a resolução n° 54 de 2012, o teor de fibra de 3 g $100g^{-1}$ é considerado fonte, porém para ser considerado rico em fibras é necessário apresentar valor maior de 6 g $100g^{-1}$ de fibras em sua composição (BRASIL, 2012). As fibras alimentares e polifenóis encontrados em frutas e vegetais apresentam a capacidade de melhorar o metabolismo de lipídios, prevenindo a oxidação de colesterol e de lipoproteína de baixa densidade (LDL- C), pois o acúmulo pode desencadear doenças cardiovasculares como aterosclerose (GORINSTEIN et. al., 1999).

Silva et al. (2008) analisou 11 frutos no Cerrado dentre eles: araçá, araticum, cagaita, caju-do-Cerrado, chichá, gabiroba, macaúba, mangaba, murici, pitomba e puçá. Analisaram o teor de fibra alimentar total (FAT) por meio de método enzimático e observaram que os frutos apresentaram quantidade média de fibras em torno de 1,04 g $100g^{-1}$ para cagaita e 11,14 g $100g^{-1}$ para macaúba. Porém, o chichá com 10,28 g $100g^{-1}$ e Murici com 9,72 g $100g^{-1}$, foram dentre os frutos analisados os com maior quantidade de fibra. Comparando com o fruto laranjinha de pacu que apresentou 11,26 g $100g^{-1}$ de fibra alimentar total, podemos relatar que a laranjinha apresenta um alto teor de fibras, apresentando valores superiores a todos os frutos analisados por Silva et al. (2008).

Moo-Huchin et al. (2014) analisaram o teor de fibra alimentar total, solúvel e insolúvel de 19 frutos do Cerrado brasileiro. Os frutos analisados variaram entre 11,69 g $100g^{-1}$ de fibra alimentar total (FAT), 0,31 g $100g^{-1}$ de fibra alimentar solúvel (FAS) e 11,39 g $100g^{-1}$ de fibra alimentar insolúvel (FAI). O fruto Mamoncillo (*Melicoccus bijugatus* (Jacq.)) apresentou menor quantidade de fibras diante de todos os frutos analisados. O fruto em destaque foi o White sapote (*Lucuma hypoglauca* Stanley) que apresentou 50,62 g $100g^{-1}$ de FAT, 8,76 g $100g^{-1}$ de FAS e 41,86 g $100g^{-1}$ de FAI. Nesta pesquisa foi analisado um fruto do gênero Pouteria, o Mamey sapote que apresentou valores intermediários dentre os demais frutos, com 21,50 g $100g^{-1}$ de FAT,

2,37 g $100g^{-1}$ de FAS e 19,13 g $100g^{-1}$ de FAI, devendo ser destacado que os resultados encontrados foram para polpa dos frutos. Na presente pesquisa com a laranjinha de pacu, as análises foram realizadas com casca e polpa, apresentando 11,26 g $100g^{-1}$ de FAT, 11,19 g $100g^{-1}$ FAI e 0,07 g $100g^{-1}$ de FAS, valores estes inferiores aos encontrados no Mamey.

O liofilizado de laranjinha de pacu apresentou 49,23 g $100g^{-1}$ de FAT, 45,46 g $100g^{-1}$ de FAI e 3,77 g $100g^{-1}$ de FAS, valores inferiores aos encontrados para produtos de frutas. Selani et al., (2016) analisaram três produtos (mix de frutas de diferentes variedades) de frutas industriais, que correspondiam aos liofilizados de abacaxi, maracujá e manga. O produto com maior destaque foi o de abacaxi com 69,65 g $100g^{-1}$ de FAT, 67,75 g $100g^{-1}$ de FAI e 1,90 g $100g^{-1}$ de FAS, seguido do produto de maracujá com 56,93 g $100g^{-1}$de FAT, 48,05 g $100g^{-1}$ de FAI e 8,90 g $100g^{-1}$ de FAS, logo, o produto de manga apresentou menor teor de fibras, pois este foi elaborado apenas com a polpa (sem sementes e casca), onde são encontrados grande quantidade de fibras. Deste modo, consideraram os co-produtos dos frutos como ingredientes funcionais por fornecer fibras alimentares e antioxidantes naturais.

Gorinstein et. al., (1999) analisaram as polpas de alguns frutos tropicais como goiaba (*Psidium guajava* L.), lichia (*Litchi chinensis* Sonn.), manga (*Mangifera indica* L.), abacaxi (*Ananas comosus* Merr.), rambutan (*Nephelium lappaceum* L.), maçã de cera (*Euginia* spp.) e caqui (*Diospyros kaki* L.). A análise de fibra alimentar total variou entre 0,54 g $100g^{-1}$ e de fibra alimentar solúvel para o abacaxi, enquanto a goiaba apresentou 5,6 g $100g^{-1}$ de FAT e 2,7 g $100g^{-1}$ de FAS, ambos para o fruto fresco. Resultados de FAT inferiores aos da laranjinha de pacu.

Comparando os constituintes encontrados no fruto (casca e polpa) e liofilizado, percebeu-se que os nutrientes estavam mais concentrados no liofilizado em aproximadamente 4,5 vezes. Esta concentração se dá devido ao processo de liofilização, visto que promove uma desidratação do material com a concentração dos parâmetros físico-químicos. Ele proporciona maior retenção de constituintes nutricionais do fruto como proteínas, fibras, cinza e é

considerado o melhor processo comparado a outros processos de desidratação (CARNEIRO, 2016).

Tabela 2: Teores de fenóis totais, taninos, atividade antioxidante nos diferentes tipos de extratos do liofilizado da laranjinha de pacu em base seca

Avaliações	**Fruto**	**p**	**Liofilizado**	**p**
Fenois totais				
Acetônico	486,84±5,18[a]	<0,001	1957,48±30,37[a]	<0,001
Etanólico	393,07±5,33[b]		1625,73±20,01[b]	
Taninos				
Acetônico	296,22±3,36[a]	<0,001	1187,17±56,00[a]	0,046
Etanólico	260,51±3,88[b]		1117,30±11,54[b]	
AA (IC50 mg g $DPPH^{-1}$)				
Acetônico	22,95±3,51[a]	<0,001	7,77 ±0,27	0,175
Etanólico	37,07±2,41[b]		8,46±0,87	
Vitamina C (mg/100g)	223,16±2,86		1549,08±13,20	

Fenóis totais foram expressos em EAG (equivalente de ácido gálico) - mg $100g^{-1}$; Taninos totais foram expressos em EAT (equivalente de ácido tânico) - mg 100g-1; Atividade antioxidante expressos em IC 50; vitamina C expressa em mg de ácido ascórbico em 100g de amostra. Dados expressos como média de triplicata ± desvio-padrão da média (DP) obtidos através do teste *t* de *student*. Letras diferentes na mesma coluna representam diferença estatisticamente significante.

Em relação aos fenóis totais, na polpa, o extrato acetônico (em média 30,481 mg $100g^{-1}$) obteve melhores extrações, comparado ao extrato etanólico (25,866 mg $100g^{-1}$) e isso gerou diferença significante ($p<0,001$) entre os extratos.

Os compostos fenólicos são considerados os compostos antioxidantes de origem vegetal de maior importância. Eles possuem grupos funcionais que

se ligam facilmente com radicais livres (ZIN, 2006). A correlação entre compostos fenólicos e compostos antioxidantes é amplamente estudada em diversas frutas e vegetais por diversos autores e esses estudos vêm comprovando a alta correlação linear entre esses compostos e a atividade antioxidante (LIM, 2007; PATTHAMAKANOKPORN, 2008; ALOTHMAN, 2009; SULAIMAN, 2011).

Os compostos fenólicos, em conjunto com outras substâncias, tais como vitamina C, são responsáveis pela atividade antioxidante total de alimento e pela neutralização de formação de radicais livres, que contribui positivamente para a saúde humana (ROMERO et al., 2009; VAN DE VELDE et al., 2013). No trabalho de Rufino et al (2009) o valor encontrado de compostos fenólicos na acerola foi de 1060 mg $100g^{-1}$. O camu-camu apresentou valor de 1176 mg 100g-1.

Roesler et al (2007), analisou frutos do Cerrado brasileiro, como a casca do pequi, a qual apresentou 208 mg $100g^{-1}$ de fenóis totais por meio de extração etanólica. Já a polpa do pequi, fruto regional do Cerrado, apresentou valor de 209 mg $100g^{-1}$, indicando que pode ser considerado um alimento com alta capacidade antioxidante conforme demonstrado por De Lima et al (2007). Os compostos fenólicos na polpa do marolo foi de 739 mg $100g^{-1}$ (de Souza et al, 2012). Santos (2016) encontrou no fruto atemoya o valor de compostos fenólicos de 346 mg $100g^{-1}$ por meio de extração metanólica. Também foram pesquisadas as folhas dos frutos do Cerrado, como o extrato etanólico da folha da cagaita e do araticum com valores de 136 mg $100g^{-1}$ e 136 mg $100g^{-1}$, respectivamente (ROESLER et al., 2007).

No trabalho de Fuentealba (2015), os valores de compostos fenólicos totais no extrato metanólico da *Pouteria lucuma* foram de 6160 mg $100g^{-1}$; 70 mg $100g^{-1}$; e 4530 mg $100g^{-1}$ nos biotipos Rosana, Monteiro e Leiva, respectivamente. A Guapeva (*Pouteria gardneriana*), possui valores de 203 mg 100g-1 no extrato acetônico e 119 mg 100g-1 no extrato etanólico (ROCHA, 2011). Relacionando o Mamey (*Pouteria sapota*), os compostos fenólicos apresentaram valores de 2850 mg $100g^{-1}$ de amostra seca (YAHIA, 2011). O

fruto Cutite (Pouteria macrophylla) apresentou valores de 2915 mg $100g^{-1}$ de amostra seca (GORDON, 2011).

O teor de compostos fenólicos pode ser afetado pelos diferentes estágios de maturação, e condições ambientais como temperatura e precipitação (TOMÁS-BARBERAN e ESPÍN, 2001). Assim, essas diferenças nas concentrações de fenóis totais podem ser decorrentes das condições climáticas e ambientais da região de origem do fruto e os fatores fisiológicos e genéticos da planta, além das espécies vegetais, podendo assim explicar as diferenças nos teores em frutos do mesmo gênero (MARTINS et al., 2011).

Na análise de taninos, o extrato acetônico também apresentou melhores resultados, tanto no extrato obtido do fruto quanto do liofilizado, em relação ao extrato etanólico. O fato ocorreu tanto no fruto quanto no liofilizado com diferença significante ($p<0,001$ e $p=0,046$, respectivamente). Nos taninos repetiu o fato de o liofilizado apresentar maiores valores já que o mesmo possui maior concentração de compostos. Por outro lado, no estudo de Rocha (2011), a guapeva apresentou valores menores de taninos no extrato acetônico em relação ao extrato etanólico.

Em relação à atividade antioxidante, o extrato acetônico apresentou maior efetividade na extração quando comparado com o extrato etanólico, pois o primeiro utilizou menor quantidade de amostra para inibir 50% de oxidação do processo. O extrato acetônico apresentou valores de fruto de 22,95±3,51 mg g $DPPH^{-1}$ e liofilizado de 7,768 ±0,27 mg g $DPPH^{-1}$. Já o extrato etanólico do fruto apresentou valores de 37,07±2,41 mg g $DPPH^{-1}$ e no liofilizado de 8,46±0,87 mg g $DPPH^{-1}$. No fruto ocorreu diferença significante na comparação dos extratos ($p<0,001$). Quanto menor for o resultado em IC 50, menor a quantidade de amostra para inibir 50% da oxidação e, consequentemente, maior o potencial antioxidante.

Comparando a outro fruto do mesmo gênero, a Pouteria lucuma (FUENTEALBA, 2015) apresentou os valores de atividade antioxidante no extrato metanólico com os biotipos Rosalia, Montero, e Leiva de 132,9 IC50 mg g $DPPH^{-1}$, 0,7 IC50 mg g $DPPH^{-1}$, e 115,7 IC50 mg g $DPPH^{-1}$, respectivamente. Enquanto que a laranjinha de pacu apresentou os valore de 22,95 IC50 mg g

$DPPH^{-1}$ no extrato acetônico e 37,07 IC50 mg g $DPPH^{-1}$ no extrato etanólico. Já no fruto liofilizado, os valores foram de 7,77 IC50 mg g $DPPH^{-1}$ no extrato acetônico e 8,46 IC50 mg g $DPPH^{-1}$ no extrato etanólico. Na *Pouteria macrophylla* (cutite) o valor de atividade antioxidante foi de 0,57 IC50 mg g $DPPH^{-1}$ (GORDON, 2011). Frutos do Cerrado, como a polpa do marolo apresenta valor de 13,16 IC50 mg g $DPPH^{-1}$ de atividade antioxidante (DE SOUZA et al., 2012).

Para o fruto (casca e polpa) foram encontrados 223,16 mg $100g^{-1}$, enquanto, que para o liofilizado (casca e polpa) foram encontrados 7 vezes mais vitamina C. Dessa forma, a liofilização manteve a vitamina C, visto que o processo de desidratação por sublimação foi realizado de forma adequada, mantendo os bioativos.

A ingestão diária recomentada (DRI's) de vitamina C é de 60mg (IOM, 2002). Então, 10g do fruto da laranjinha equivale em torno de um terço do consumo diário. Logo, para atingir a IDR é necessário em torno de 30g do fruto e para o liofilizado é necessário apenas 4g para atingir a recomendação diária. Deve-se lembrar que há poucas evidências de toxicidade da alta ingestão de vitamina C (SILVA, 2013).

Valores inferiores de vitamina C foram encontrados na *Pouteria lucuma* em três biotipos (Rosalia, Montero, Leiva), os valores de ácido ascórbico no extrato metanólico do fruto foram de 67 mg $100g^{-1}$ de base seca; 35 mg $100g^{-1}$ de base seca e 107 mg $100g^{-1}$ de base seca, respectivamente (FUENTEALBA, 2015). Enquanto que a *Pouteria glomerata* liofilizada apresentou valor aproximado de 1.549 mg $100g^{-1}$ e o fruto possui 223 mg $100g^{-1}$ de base seca. O fruto cutite (*Pouteria macrophylla*) apresentou valor de 247,5 mg $100g^{-1}$ (GORDON, 2011). No trabalho de Silva (2011) os valores para a cutite foram de 94 mg $100g^{-1}$.

A vitamina C é a primeira linha de defesa contra radicais livres. É considerada um antioxidante fisiológico versátil, pois pode exercer sua função nos meios intra e extracelulares (PELUZIO, 2010). Quando associado com α-tocoferol e betacaroteno, exerce importante papel de defesa a danos celulares causados pelos radicais livres presentes no meio biológico (BALL, 2006). Além

disso, a vitamina C possui funções como formação de colágeno. O ácido ascórbico ativa a enzima propilhidroxilase causando a agregação de três subunidades inativas para formar o composto ativo, o colágeno. Atua na facilitação da biodisponibilidade do ferro, por reduzir o ferro férrico em ferro ferroso (PELUZIO, 2010).

Durante o processamento, armazenamento e preparo, os alimentos podem passar por mudanças de temperatura e modificações químicas de acordo com acondicionamento e o grupo enzimático existente (GOFFEY et al., 1981; MAZZA e MINIATI, 1993; SETHU et al., 1996). No caso da liofilização, o processo tenta manter as características do fruto de forma intacta (SETHU et al., 1996).

No produto liofilizado, as propriedades químicas e sensoriais são preservadas já que há o acondicionamento a temperaturas baixas e a ausência de ar atmosférico. Quando reidratado, assemelha-se ao produto natural (GAVA, 2009). Ao comparar liofilização com secagem convencional usando ar quente, a liofilização preserva o conteúdo de bioativos iniciais do fruto, além de concentrar compostos fenólicos (SABLANI et al., 2011).

Os resultados mostram que os frutos regionais possuem extremo potencial antioxidante para a saúde humana. O conhecimento sobre o conteúdo e a qualidade de polifenóis presentes nos frutos está crescendo rapidamente e mostrando resultados significantes na comunidade científica relacionando a quantidade de polifenóis e atividade antioxidante nos frutos.

Esse conhecimento reforça para a população a importância da valorização e do consumo destes frutos, os quais tem alto poder medicinal e funcional. O perfil de minerais também foi avaliado no liofilizado da laranjinha de pacu e no fruto in natura, onde apresentou grandes concentrações de cromo, molibdênio, potássio e fósforo. O perfil de minerais no liofilizado e no fruto *in natura* estão demonstrados na Tabela 3.

Tabela 3: Perfil de minerais (mg $100g^{-1}$) no liofilizado (casca e polpa) e no fruto *in natura* da laranjinha de pacu por espectrometria de emissão ótica.

Perfil de Minerais (mg 100g^{-1})	IN NATURA	%IDR	LIOFILIZADO	%IDR
Cobre	0,03±0,01	3,85	0,17±0,01	18,89
Cromo	0,04±0,03	149,60	0,22±0,03	733,33
Molibdênio	0,05±0,01	113,33	0,25±0,01	555,55
Potássio	66,66±3,60	1418,23	326,75±3,60	6952,13
Fósforo	74,30± 2,91	10,61	364,21 ± 2,91	52,03
Cálcio	15,94±0,54	1,60	78,16±0,54	7,82
Zinco	0,10±0,05	1,01	0,47±0,05	4,95
Ferro	0,11±0,01	0,83	0,53±0,01	4,08
Magnésio	6,99±0,26	1,93	34,28±0,26	9,46
Cobalto	0,00±0,00	*NR	0,00±0,00	*NR
Manganês	0,05±0,00	2,29	0,23±0,00	11,22
Níquel	0,01±0,00	*NR	0,03±0,00	*NR
Sódio	1,14±0,40	0,08	5,61±0,40	0,374
Cádmio	0,00±0,00	*NR	0,01 ±0,00	*NR
Silício	0,22±0,075	*NR	1,09±0,075	*NR

Média ± desvio padrão da média (DP); *NR: Não há recomendação (DRI).

A legislação n°54 de 2012 descreve que alimentos com no máximo de 5mg de sódio em 100g de amostra pode ser considerado como não contém. O liofilizado apresentou média de 5,61mg de sódio em 100g de amostra, apresentando assim um baixo teor de sódio.

A resolução n°54 de 2012 preconiza que os minerais que apresentam no mínimo 15% da ingestão diária recomendada são considerados fonte, logo, quando encontrados acima de 30% corresponde a alto conteúdo do mineral (BRASIL, 2012). Para calcular a percentagem de ingestão diária recomendada foi utilizada a recomendação média de homens e mulheres na faixa etária de 19 a 50 anos de idade, sendo assim, o liofilizado de laranjinha de pacu é fonte de cobre e apresenta alto conteúdo de fósforo, molibdênio, cromo e potássio.

O liofilizado de laranjinha de pacu foi considerado fonte de cobre com 18,89% da ingestão diária recomendada. Na laranjinha *in natura* a concentração foi de 0,03 mg 100g^{-1}, valor próximos ao encontrado para os

frutos cagaita, marmelo, buriti, mangaba e pitomba em estudo realizado por Marin et al. (2009).

Conforme Song et al. (2012) a deficiência de cobre está associada a várias manifestações relacionadas a síndrome metabólica, incluindo a hiperlipidemia e esteatose hepática. Em estudo que utilizaram dietas ricas em frutose com conteúdo controlado de cobre (1,6 mg/kg e 6 mg/kg), ingestão deficiente e adequada, respectivamente, os animais receberam água enriquecida de 30% de frutose por quatro semanas. Os autores avaliaram o conteúdo de cobre, lesões hepáticas (esteatose) e transportador de cobre duodenal (Ctr-1). Contudo, percebeu-se que a ingestão de frutose nos grupos com oferta adequada e deficiência de cobre apresentaram os maiores pesos corporais comparado com o controle (adequado conteúdo de cobre sem ingestão de frutose). Ainda, no grupo com deficiência de cobre e ingestão de frutose perceberam os maiores teores de glicose e insulina, sugerindo uma resistência à insulina. Os autores citam que a dieta rica em frutose também prejudicou o epitélio intestinal favorecendo assim a diminuição da absorção de cobre.

O teor de cromo (Cr) encontrado no liofilizado de laranjinha de pacu em média com 0,22±0,03 mg $100g^{-1}$ equivale a 733,33% da ingestão diária recomendada, sendo considerado com alto conteúdo de cromo. O consumo deste mineral pode nos trazer benefícios importantes principalmente relacionados com o metabolismo de macronutrientes, visto que, o cromo está relacionado a ação insulínica, principalmente em tecidos capazes de participar do metabolismo energético de carboidratos, proteínas e lipídios, melhorando a eficiência da resposta à insulina (SHRIVASTAVA et al., 2002; ABDOLLAHI et al., 2013). Também apresenta grande importância na resposta imunológica por estar relacionado a processos imunoestimulantes ou imunossupressores, demonstrado pelos seus efeitos sobre os linfócitos T e B, macrófagos e produção de citocinas inflamatórias, ou seja, resposta imune que pode induzir reações de hipersensibilidade, doenças autoimune e neoplasia (SHRIVASTAVA et al., 2002).

O molibdênio é essencial para o organismo por desempenhar função de cofator enzimático de diversas enzimas no metabolismo celular como a nitrogenase, nitrato redutases, sulfito oxidase e oxantina oxirredutases (SCHWARZ; MENDEL; RIBBE, 2009). O teor de molibdênio encontrado no liofilizado de laranjinha de pacu foi 0,25±0,01 mg $100g^{-1}$, sendo 555,55% da ingestão diária recomendada, considerado de alto conteúdo.

A deficiência de potássio (K+) tem sido correlacionada com várias patologias incluindo as doenças cardiovasculares, cálculos renais e osteoporose. Portanto, é importante ressaltar que a suplementação dietética de potássio apresenta vários efeitos favoráveis sobre a redução da pressão arterial, diminuindo o risco de acidente vascular cerebral, melhorando a saúde óssea e reduzindo o risco de litíase renal. Estas complicações podem estar relacionadas com o hábito alimentar da população que atualmente reduziu o consumo de potássio e aumentou a ingestão de sal. Assim, a baixa ingestão de potássio está relacionada em diversas doenças crônicas como a hipertensão, doença cardiovascular, osteoporose e nefrolitíase (PALMER; CLEGG, 2016). O liofilizado de laranjinha de pacu apresentou um conteúdo médio de 326,75 mg 100g-1, correspondendo a 6952,13% da ingestão diária recomendada, sendo considerada de alto conteúdo de potássio. Assim, a inserção do liofilizado poderia impedir deficiência de potássio e evitar as patologias descritas.

O conteúdo de fósforo encontrado no liofilizado da laranjinha de pacu é de 364,21 ± 2,91 mg $100g^{-1}$ que representa cerca de 52% da ingestão recomendada para adultos, e conforme a resolução n° 54 de 2012, é considerado um produto de alto teor (BRASIL, 2012). Na laranjinha in natura foi de 74,30 mg $100g^{-1}$ de fósforo, valor este superior a todos os frutos analisados por Marin et al. (2009) que encontrou resultados que variaram de 5,0 mg $100g^{-1}$ para mangaba a 20,6 mg $100g^{-1}$ na seriguela. Considerando uma comparação entre frutos do mesmo gênero pouteria, temos o fruto mamey sapota (*Pouteria sapota* Jacq. H. E. Moore & Stearn) comparado com a laranjinha de pacu in natura, porém menor conteúdo de fósforo (30 mg $100g^{-1}$) (YAHIA, 2011a). A lucuma (*Pouteria lucuma* (Ruiz and Pav.) Kuntze) apresenta menor conteúdo de fósforo com 26 mg $100g^{-1}$ (YAHIA, 2011b). Deste modo, a laranjinha de pacu (*Pouteria glomerata*) apresenta o maior conteúdo de fósforo entre as

Pouterias descritas. Além disso, a laranjinha de pacu in natura deve ser considerada como um fruto rico em fósforo.

Em pesquisa realizada por Ayoub et al., (2015) verificou-se os efeitos da suplementação de fósforo, visto que, corresponde a um mineral importante no desempenho de várias funções no organismo. Encontraram uma correlação do mineral com o peso corporal. Foram avaliados, durante 12 semanas, adultos com suplementação de fósforo. Assim, observou-se que a suplementação de fósforo diminuiu significativamente o peso corporal, IMC e circunferência da cintura. Deste modo, o fósforo é considerado um mineral promissor na prevenção e tratamento da obesidade, especialmente a adiposidade abdominal.

A laranjinha de pacu in natura apresentou cerca de 15,94 mg $100g^{-1}$ de cálcio, sendo superior a vários frutos como a gabiroba (*Campomanesia pubescens* (DC.) O. Berg) 4,9 mg $100g^{-1}$, cagaita (*Eugenia dysenterica* Mart. ex DC.) 5,9 mg $100g^{-1}$, marmelo (*Alibertia edulis* (A. Rich.) L. Rich) 8,8 mg $100g^{-1}$, bacupari (*Salacia crassifolia* (Mart.) Peyr.) 6,5 mg $100g^{-1}$, cajuzinho (*Anacardium humile* Mart.) 3,4 mg $100g^{-1}$, mangaba (*Hancornia speciosa* Gomez) 11,3 mg $100g^{-1}$, lobeira (*Solanum aff. lycocarpum St. Hil.*) 6,4 mg $100g^{-1}$, araticum (*Annona crassiflora* Mart.) 10,5 mg 100^{-1}, pitomba (*Talisia esculenta* Radlk) 10,6 mg $100g^{-1}$. Há também frutos onde foram encontrados teores superiores a laranjinha de pacu *in natura* como pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd), ingá (*Inga alba* (Sw.) Willd), siriguela (*Spondias purpurea* L.), buriti (*Mauritia flexuosa* Linn.f.), murici (*Byrsonima verbascifolia* Rich. ex Juss.), jenipapo (*Genipa americana* L.), jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne) e amêndoa de baru (*Dipteryx alata* Vog.) (Marin, et al., 2009).

Silva (2008) avaliou o conteúdo de cálcio, zinco e ferro em 11 frutos do Cerrado, sendo eles: macaúba (*Acrocomia aculeata* Mart), caju-do-Cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz), araticum (*Annoma crassiflora* Mart), murici (*Byrsonima verbascifolia* Rich), gabiroba (*Compomanesia cambessedeana* Berg), cagaita (*Eugenia dysenterica* Dc), mangaba (*Hancornia speciosa* Gómez), puçá (*Mouriri pusa* Gard), araçá (*Psidium araca* Raddi), chichá

(*Sterculia striata* A. St. Hil. & Naud) e pitomba (*Talisia esculenta* Radlk) (SILVA, 2008).

Pode-se observar que em relação ao cálcio, a cagaita e gabiroba apresentaram menor teor com 8,0 mg $100g^{-1}$ variando até a 130,0 mg $100g^{-1}$, encontrado na macaúba. A laranjinha de pacu in natura foi semelhante ao encontrado para o caju-do-Cerrado com 15 mg $100g^{-1}$. O mamey (*Pouteria sapota* Jacq. H. E. Moore & Stearn) apresentou maior valor de cálcio (121 mg $100g^{-1}$) (YAHIA, 2011a). A lucuma (*Pouteria lucuma* (Ruiz and Pav.) Kuntze) apresenta conteúdos similares de cálcio (16 mg $100g^{-1}$) com *Pouteria glomerata* (YAHIA, 2011b)

Em relação ao zinco, a laranjinha de pacu apresentou valores menores, cerca de 0,10 mg $100g^{-1}$, quando comparado aos frutos analisados com valores entre 0,0 mg $100g^{-1}$ - para cagaita até 2,33 mg $100g^{-1}$ - para o chichá. Marin et al. (2009) também analisaram o conteúdo de minerais em frutos diversos. Para o conteúdo de zinco, os resultados variaram de 0,1 mg $100g^{-1}$ para gabiroba a 4,2 mg $100g^{-1}$ para amêndoa de baru. Marin et al. (2009) encontraram valores superiores em seus frutos analisados variando de 0,2 mg $100g^{-1}$ para gabiroba, jenipapo e lobeira a 4,7 mg $100g^{-1}$ para amêndoa de baru.

O teor de ferro variou entre 0,02 mg $100g^{-1}$ para cagaita e 8,43 mg $100g^{-1}$ para o chichá, sendo que no presente estudo a laranjinha de pacu teve valor superior quando comparado a cagaita. O mamey (*Pouteria sapota* Jacq. H. E. Moore & Stearn) apresentou maior valor de ferro (0,8 mg 100g-1) (YAHIA, 2011a). A lucuma (*Pouteria lucuma* (Ruiz and Pav.) Kuntze) apresenta maior teor de ferro 0,4 mg $100g^{-1}$ (YAHIA, 2011b).

Por fim, o teor de magnésio aqui demonstrado na laranjinha *in natura* foi de 6,99 mg $100g^{-1}$, valor este superior ao encontrado para cagaita (3,4 mg $100g^{-1}$), e com similaridade ao valor encontrado para lobeira (7,0 mg $100g^{-1}$) (MARIN et al., 2009).

5.2 Experimento *in vivo*

Este estudo demonstrou que a ingestão de dieta com alto nível de gordura induz a obesidade em ratos. Trabalhos anteriores têm mostrado que alimentos ricos em gordura aumentam significativamente o acúmulo de tecido adiposo, devido à sua alta densidade de energia, o que leva ao aumento do peso corporal (BUETTNER, 2007; REUTER, 2007; HARIRI, 2010).

O ganho de peso foi avaliado durante o período de engorda, que antecedeu a suplementação. Neste período os animais ganharam peso entre 162,82g (±4,208) para o grupo DHL1%LP e 199,23g (±28,748) para o grupo DHL4%LP, sem diferença significante na comparação entre os grupos, lembrando que neste período não havia intervenção na dieta.

Após a suplementação da dieta, o ganho de peso dos animais foi avaliado duas vezes na semana, para um melhor controle e efetividade da dieta. O peso inicial, peso final, ganho de peso total, ingestão energética total e a eficiência alimentar com liofilizado de laranjinha de pacu estão demonstrados na Tabela 4.

Tabela 4: Peso Final (PF) (g), Ganho de peso total (GPT) (g); Ingestão Energética Total (IET) (Kcal); Eficiência Alimentar (EA) após suplementação com liofilizado de laranjinha de pacu

	AIN	**DHL**	**DHL1%LP**	**DHL2%LP**	**DHL4%LP**	**DHL8%LP**	**p**
PF	500,08±12,07^{b}	519,38±19,47^{b}	515,61±10,27^{b}	525,42±13,62^{ab}	538,31±13,13^{ab}	584,77±22,11^{a}	0,007
GPT	385,21±11,54^{b}	405,31±16,00^{b}	400,14±9,12^{b}	408,65±11,21^{b}	422,85±2,54^{b}	483,88±20,21^{a}	<0,001
IET	4026,24±130,30^{ac}	3757,51±144,85^{bc}	3504,46±102,62^{bc}	3524,49±110,43^{bc}	3823,03±182,04^{bc}	4466,13±154,43^{a}	<0,001
EA	1,403±0,142^{b}	1,929±0,136^{b}	2,124±0,169^{a}	2,151±0,182^{a}	2,073±0,0845^{a}	2,258±0,173^{a}	0,004

Legenda: Dieta normolipídica (AIN); dieta hiperlipídica (DHL); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 1% na dieta (DHL1%LP); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 2% na dieta (DHL2%LP); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 4% na dieta (DHL4%LP); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 8% na dieta (DHL8%LP). Dados expressos em média e erro padrão da média, considerando $p<0,05$ como probabilidade mínima aceitável para diferença entre as médias.

Em relação ao ganho de peso total após período de suplementação com o liofilizado nas diferentes concentrações, houve diferença significante entre os grupos ($p<0,001$), sendo que o grupo DHL8%LP apresentou maior ganho de peso (483,88±20,21) e se diferiu dos demais grupos. O grupo DHL1%LP apresentou menor ganho de peso (400,14±9,12) quando comparado com os grupos que consumiram 30% de lipídio na dieta. O mesmo não se diferiu estatisticamente do grupo AIN que possui menos de 5% de lipídio na dieta.

Com os dados do ganho de peso, é possível perceber que os grupos DHL4%LP e DHL8%LP apresentaram maior ganho de peso comparado com os grupos DHL1%LP e 2%, e estes se aproximaram do controle hiperlipídico (DHL). Deste modo, pode-se inferir que com o aumento do teor de laranjinha de pacu na dieta houve uma melhora da palatabilidade da ração, o que fez com os que animais aumentassem o consumo e como consequência apresentasse maior ganho de peso, efeito este visto no grupo DHL8%LP.

O grupo DHL8%LP apresentou maior ingestão de energia comparado aos demais grupos que consumiram dieta hiperlipídica (DHL, DHL1%LP, DHL2%LP e DHL4%LP). O consumo energético do grupo AIN comparado ao grupo DHL8%LP foi semelhante.

A laranjinha de pacu provavelmente melhorou a palatabilidade da dieta hiperlipídica, podendo ser visualizado o aumento crescente do consumo de dieta com relação a concentração de liofilizado, onde o grupo DHL1%LP consumiu menor quantidade de dieta quando se compara com o grupo de maior concentração de liofilizado, o DHL8%LP.

Comprimento, circunferências, IMC, e índice de Lee estão demonstradas na Tabela 5.

Tabela 5: Medidas (comprimento, circunferência torácica, circunferência abdominal), índice de Lee e IMC dos animais experimentais

Medidas	**AIN**	**DHL**	**DHL1%LP**	**DHL2%LP**	**DHL4%LP**	**DHL8%LP**	**p**
Comprimento (cm)	24,89±0,27	24,89±0,25	24,93±0,27	24,96±0,33	25,00±0,27	25,28±0,22	0,912
Circunferência Torácica (cm)	17,49±0,19	17,92±0,29	17,68±0,22	18,00±0,61	18,05±0,21	18,50±0,24	0,086
Circunferência Abdominal (cm)	19,62±0,47^{b}	20,41±0,45^{b}	20,41±0,40^{b}	20,70±0,46^{ab}	20,87±0,31^{ab}	22,29±0,54^{a}	0,003
Índice de Lee	0,32±0,00	0,32±0,00	0,32±0,00	0,32±0,00	0,32±0,00	0,33±0,00	0,715
IMC (kg/m^2)	0,81±0,03	0,84±0,03	0,83±0,02	0,85±0,02	0,84±0,02	0,89±0,02	0,289

Legenda: Dieta normolipídica (AIN); dieta hiperlipídica (DHL); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 1% na dieta (DHL1%LP); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 2% na dieta (DHL2%LP); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 4% na dieta (DHL4%LP); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 8% na dieta (DHL8%LP). Dados expressos em média e erro padrão da média, considerando $p<0,05$ como probabilidade mínima aceitável para diferença entre as médias.

Em relação às medidas finais dos animais, a circunferência abdominal apresentou diferença significante (p=0,003). O grupo DHL8%LP apresentou maiores valores (22,29±0,54) e se diferiu dos grupos AIN (19,62±0,47), DHL (20,41±0,45) e DHL1%LP (20,41±0,40).

O peso final dos animais apresentaram diferença significante (p=0,007), onde o grupo DHL8%LP apresentou maiores valores de ganho de peso (584,77±22,11) e obteve diferença estatística em relação aos grupos AIN (500,08±12,07), DHL (519,38±19,47) e DHL1%LP (515,61±10,27).

Para os parâmetros avaliados, novamente houve uma tendência de melhora para o grupo DHL1%LP, porém sem diferença estatística. E percebe-se que o grupo DHL8%LP apresentou uma piora nos parâmetros, quando se compara os demais grupos suplementados.

Neste estudo, observou-se que o tratamento com laranjinha de pacu exerceu efeitos benéficos contra a obesidade. Constatou-se que o ganho de peso corporal nos grupos com menores concentrações de laranjinha foi conservado, enquanto que nos grupos com maiores concentrações (4% e 8%) o ganho de peso foi maior, no qual 8% apresentou diferença significante (p<0,001) quando comparado aos demais.

As ingestões alimentares foram significativamente reduzidas em ratos obesos recebendo o liofilizado do fruto (1%, 2% e 4%) quando comparados com o grupo de maior concentração de laranjinha de pacu (8%). E isso resultou em um índice de Lee e IMC semelhante em todos os grupos. Tais resultados concordam com o trabalho de Dragano et. al. (2013), no qual os animais consumiram dietas ricas em gordura com adição de jabuticaba liofilizada.

No presente estudo, não houve diferença significante na ingestão alimentar total quando comparado o grupo DHL com os grupos 1%, 2% e 4%. O grupo 8% apresentou maior ingestão alimentar pelo fato de ter se adaptado melhor à dieta. Uma hipótese pode ser o caso de a laranjinha de pacu apresentar maior palatabilidade em maiores concentrações. Isso fez com que o grupo com maior concentração do fruto consumisse a dieta em maior quantidade e, consequentemente, maior ingestão alimentar.

Após eutanásia dos animais foram retirados os sítios de gordura para cálculo de gordura visceral total nos animais. Os pesos dos sítios de tecido adiposo estão descritos na Tabela 6.

Tabela 6: Peso dos sítios de gordura (epididimal, omental, mesentérica, perrirenal e retroperitonial) dos animais experimentais

Gorduras (g)	**AIN**	**DHL**	**DHL1%LP**	**DHL2%LP**	**DHL4%LP**	**DHL8%LP**	**p**
Epididimal	12,58±0,92b	18,84±1,93ab	15,13±1,47b	19,73±1,36ab	18,74±2,00ab	24,32±2,18a	<0,001
Omental	1,81±0,27	2,61±0,40	2,08±0,27	1,86±0,24	2,80±0,46	2,75±0,35	0,133
Mesentérica	8,37±0,66b	11,29±0,96b	10,53±0,68b	12,24±1,04ab	13,11±1,40ab	17,15±2,25a	<0,001
Perrirenal	1,90±0,11b	2,68±0,28ab	2,13±0,14ab	2,69±0,21ab	2,87±0,33ab	3,08±0,36a	0,017
Retroperitonial	12,81±1,15b	20,72±2,24ac	17,57±1,58bc	20,89±1,17ac	21,98±2,34ac	25,27±2,03a	<0,001
Total	37,31±2,68b	55,94±5,22ab	47,29±3,30bc	57,21±3,26ac	59,51±5,88ac	70,63±5,52a	<0,001

Legenda: Dieta normolipídica (AIN); dieta hiperlipídica (DHL); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 1% na dieta (DHL1%LP); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 2% na dieta (DHL2%LP); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 4% na dieta (DHL4%LP); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 8% na dieta (DHL8%LP). Dados expressos em média e erro padrão da média, considerando $p<0,05$ como probabilidade mínima aceitável para diferença entre as médias.

Em relação ao peso total do tecido adiposo, houve diferença significante na comparação entre os grupos ($p<0,001$). Os maiores valores foram obtidos no grupo DHL8%LP (70,63±5,52) e apresentou diferença significante em relação ao grupo AIN. Observou-se uma tendência de redução do tecido adiposo total no grupo DHL1%LP, porém sem diferença estatística.

As propriedades de volume e viscosidade da fibra dietética são capazes de suprimir a ingestão de alimentos, promovendo saciedade. Aumentar os esforços e/ou o tempo de mastigação em alimentos ricos em fibras levam a aumentar a saciedade através de uma redução na taxa de ingestão (SLAVIN, 2007). Apesar de o fruto apresentar alto teor de fibra em sua composição, a promoção da saciedade pelo fruto, não foi encontrada nos animais com maior administração de fruto liofilizado (8%).

Um estudo de Prior et al. (2008) apresentou uma dieta suplementada com alto teor de gordura oferecida aos ratos com mirtilos liofilizados, morangos liofilizados ou cianidina-3-glucósido purificado. Os animais alimentados com cianidina-3-glucosido purificado mostraram uma redução no ganho de peso, enquanto que aqueles alimentados com frutos liofilizados a uma concentração de 10% tinham maior ganho de peso. Num estudo semelhante, DeFuria et al. (2008) alimentaram ratos com dieta rica em gordura mais 4% de mirtilo liofilizado e os animais não apresentaram alterações na ingestão de energia e ganho de peso em comparação com o grupo controle.

A adição da laranjinha de pacu liofilizada mudou claramente as características sensoriais (cor e sabor) das dietas. A preferência animal por dietas adicionadas com o fruto foi evidente. Os animais de todos os grupos que receberam dietas adicionadas com laranjinha de pacu apresentaram maior ingestão de alimento. Marques (2012) relata que a palatabilidade melhorada das dietas de jabuticaba pode ter permitido maior consumo de energia e, consequentemente, causou maior ganho de peso nesses grupos.

Com base nos resultados da composição corporal mostrados, pode-se concluir que a suplementação da dieta com laranjinha de pacu liofilizada não modulou o metabolismo lipídico e não reduziu a massa gorda nos diferentes modelos experimentais. Prior et al. (2008) analisaram, por ressonância

magnética, a composição corporal de camundongos alimentados com dieta rica em gordura e dieta com baixo teor de gordura (LF), ambos suplementados com mirtilos (suco e liofilizado) e antocianinas purificadas. Os autores descobriram que os animais alimentados com dieta rica em gordura tinham maior massa gorda (%) e menor massa magra (%) em comparação com aqueles com dieta pobre em gordura.

O presente estudo demonstrou que a suplementação de dieta high fat com Laranjinha de pacu não produziu uma proteção significativa contra a gordura saturada na dieta e induziu aumento no ganho de peso corporal e, de fato, ganho de peso acumulativo.

Do mesmo modo, estudos também relataram que outros frutos liofilizados como uvas concord, Mirtilo e framboesa preta foram ineficazes na prevenção da obesidade e, em alguns poderiam causar o ganho de peso corporal e a adiposidade em relação aos controles (PRIOR, 2008; DEFURIA, 2009; PRIOR, 2010).

Os exames bioquímicos foram realizados antes e após a suplementação para verificar o efeito do liofilizado da laranjinha de pacu sob o perfil bioquímico dos animais. Os exames bioquímicos estão descritos nas tabelas 7 e 8.

Tabela 7: Parâmetros bioquímicos dos grupos experimentais antes da suplementação

	AIN	**DHL**	**DHL1%LP**	**DHL2%LP**	**DHL4%LP**	**DHL8%LP**	**p**
Glicose (mg/dl)	209,37±10,85[b]	260,98±10,33[ab]	268,39±11,71[a]	267,99±15,93[a]	263,04±12,66[a]	273,52±10,80[a]	0,006
Colesterol total (mg/dl)	81,98±1,73[a]	67,32±2,30[b]	72,69±3,26[ab]	72,32±2,18[ab]	73,88±1,959[ab]	70,29±3,238[b]	0,006
HDL (mg/dl)	49,77±2,02[a]	37,52±1,45[b]	40,49±2,090[b]	38,10±1,32[b]	38,90± 1,20[b]	39,17±1,56[b]	<0,001
TGL (mg/dl)	80,19±3,83[b]	88,29±3,60[ab]	89,82±4,36[ab]	89,80±6,06[ab]	97,08±6,36[ab]	102,64±3,76[a]	0,041
Não HDL (mg/dl)	32,77±1,99	29,80±1,70	32,20±1,82	34,21±1,43	33,98±1,85	31,12±2,14	0,502
LDL (mg/dl)	16,17±2,17	12,14±2,12	14,24±2,14	16,25±2,12	14,56±2,06	8,79±1,63	0,122
VLDL (mg/dl)	16,04±0,77[b]	17,66±0,72[ab]	17,96±087[ab]	17,96±1,21[ab]	19,42±1,27[ab]	20,52±0,75[a]	0,041
AST (UI/L)	107,36±5,16	94,66±3,92	107,40±0,05	98,03±4,14	98,94±3,46	98,01±5,24	0,242
ALT (UI/L)	26,25±1,71	33,45±2,88	37,96±3,05	33,38±3,67	29,19±2,78	30,28±2,85	0,110

Legenda: Dieta normolipídica (AIN); dieta hiperlipídica (DHL); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 1% na dieta (DHL1%LP); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 2% na dieta (DHL2%LP); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 4% na dieta (DHL4%LP); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 8% na dieta (DHL8%LP).Dados expressos em média e erro padrão da média, considerando $p<0,05$ como probabilidade mínima aceitável para diferença entre as médias.

Tabela 8: Resultados dos exames bioquímicos dos grupos experimentais após a suplementação

	AIN	**DHL**	**DHL1%LP**	**DHL2%LP**	**DHL4%LP**	**DHL8%LP**	**p**
Glicose (mg/dl)	295,10±17,68	354,33±15,76	292,51±18,88	295,60±19,38	297,54±17,80	323,26±18,43	0,110
Colesterol total (mg/dl)	73,64±1,92	69,22±2,80	66,13±2,73	63,18±2,38	66,42±2,63	72,92±3,96	0,075
HDL (mg/dl)	30,38±1,43^{a}	23,26±1,34^{ab}	25,07±2,22^{ab}	22,74±0,86^{b}	24,22±1,38^{ab}	30,32±2,33^{a}	0,002
TGL (mg/dl)	124,68±2,76^{ab}	127,92±2,84^{ab}	120,67±3,04^{b}	122,39±3,58^{ab}	129,04±4,22^{ab}	136,70±5,01^{a}	0,047
Não HDL (mg/dl)	42,66±2,08	47,76±3,66	41,06±2,08	42,19±3,66	42,20±22,50	42,60±3,52	0,693
LDL (mg/dl)	18,32±2,32	22,17±3,85	16,93±2,33	17,71±3,62	16,39±2,54	15,26±3,62	0,710
VLDL (mg/dl)	24,94±0,55^{ab}	25,58±0,57^{ab}	24,13±0,61^{b}	24,48±0,72^{ab}	25,81±0,85^{ab}	27,34±1,00^{a}	0,047
AST (UI/L)	45,50±2,61	43,15±2,11	45,18±1,94	41,39±2,36	44,00±3,24	41,15±1,94	0,860
ALT (UI/L)	20,00±1,18	22,23±1,65	23,33±1,12	21,92±1,08	24,57±2,84	24,69±1,67	0,427

Legenda: Dieta normolipídica (AIN); dieta hiperlipídica (DHL); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 1% na dieta (DHL1%LP); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 2% na dieta (DHL2%LP); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 4% na dieta (DHL4%LP); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 8% na dieta (DHL8%LP).Dados expressos em média e erro padrão da média, considerando $p<0,05$ como probabilidade mínima aceitável para diferença entre as médias.

Após o acréscimo da laranjinha de pacu a ração, os valores de HDL apresentou diferença significante (p=0,002). O grupo DHL2%LP apresentou menores valores (22,74±0,86), com diferença significante em relação aos grupos AIN e DHL8%LP. Os valores de VLDL apresentaram diferença significante entre os grupos (p=0,047), no qual o grupo DHL1%LP apresentou menores valores na dosagem (24,13±0,61) e teve diferença estatística em relação ao grupo DHL8%LP.

De modo geral, o tratamento com laranjinha também reduziu significativamente os níveis de HDL-colesterol no soro. Os valores de redução no nível de colesterol HDL foram menores em ratos obesos tratados com laranjinha de pacu em comparação com ratos obesos não tratados (DHL). Uma das possíveis razões para a redução do nível de HDL colesterol entre os ratos obesos tratados com laranjinha de pacu pode ser devido à contínua alimentação de uma dieta high fat durante o período de tratamento. Vários estudos mostram que a dieta hiperlipídica resultou em alterações dislipidêmicas pelo aumento dos níveis de triglicérides, colesterol total e redução do nível de colesterol HDL. O nível de triglicerídeos aumentou de forma significante quando comparados aos testes realizados antes da suplementação de laranjinha de pacu (YANG, 2006; NOEMAN, 2011).

Comparando os exames bioquímicos antes e após a suplementação com o liofilizado de laranjinha de pacu, foi possível perceber uma melhora no colesterol sérico entre o grupo AIN (controle normolipídico) e nos grupos suplementados (dieta hiperlipídica + liofilizado de laranjinha de pacu). Enquanto que o grupo DHL (controle hiperlipídico) obteve o colesterol aumentado. Assim podemos dizer que a suplementação de liofilizado de laranjinha de pacu reduziu o colesterol dos animais principalmente nos grupos 2%, 4% e 1%, em ordem de efeito.

As curvas de glicose, glicemia no tempo 0 minuto e área sob a curva estão demonstradas nas figuras 4A, 4B e 4C.

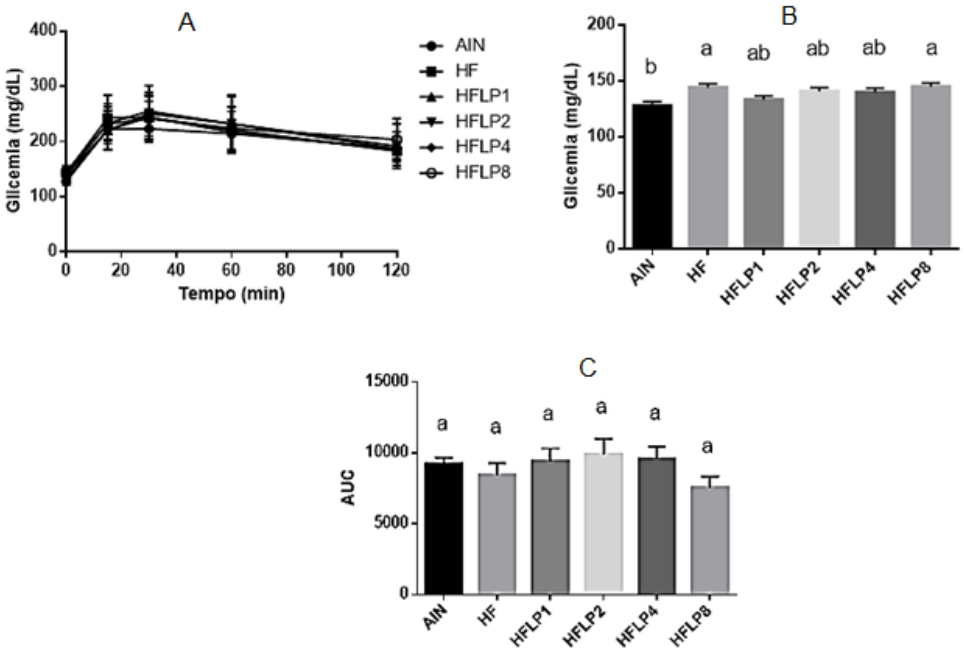

Figura 4: A - Curva de glicêmica analisada em tempos de 0, 15, 30, 60 e 120 min; B- Glicemia no tempo 0; C- Área sob a curva (AUC) de glicemia; AIN (Controle normolipídico, conforme Reeves, Nielsen E Fahey, (1993); Dieta normolipídica (AIN); dieta hiperlipídica (DHL); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 1% na dieta (DHL1%LP); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 2% na dieta (DHL2%LP); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 4% na dieta (DHL4%LP); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 8% na dieta (DHL8%LP).

Apesar de a glicose não apresentar diferença significante entre os grupos, a mesma possui valores muito similares entre os grupos AIN, DHL1%LP, DHL2%LP e DHL4%LP. Os valores de DHL e DHL8%LP foram mais elevados em cerca de 15,8% quando comparado aos demais. A glicemia não apresentou diferença estatística entre o grupo AIN e grupos suplementados com liofilizado, exceto o grupo DHL8%LP que se comportou igual ao controle DHL. Dentre os grupos suplementados com liofilizado de laranjinha de pacu, houve uma tendência de redução no grupo DHL1%LP, porém, sem diferença estatística entre o DHL2%LP e DHL4%LP.

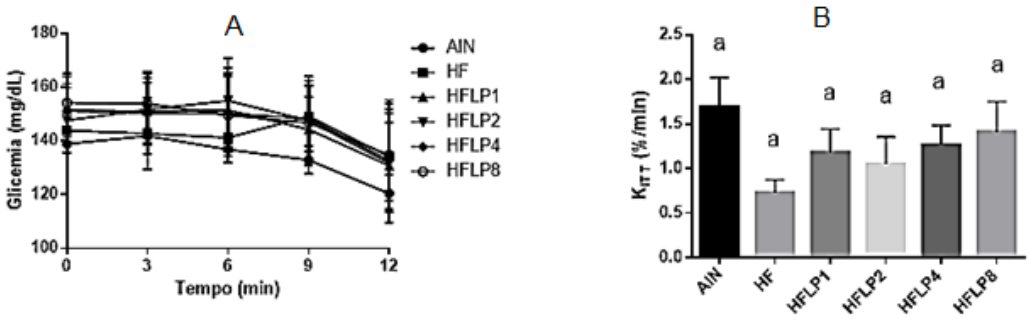

Figura 5: A- Curva de insulina analisadas em tempos de 0, 3, 6, 9 e 12 minutos; B- Taxa de decaimento das curvas de insulina determinadas nos períodos de 0, 3, 6, 9 e 12 minutos; Analisadas nos grupos experimentais AIN (Controle normolipídico, conforme Reeves, Nielsen E Fahey (1993); Dieta normolipídica (AIN); dieta hiperlipídica (DHL); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 1% na dieta (DHL1%LP); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 2% na dieta (DHL2%LP); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 4% na dieta (DHL4%LP); grupo com dieta hiperlipídica associada ao consumo de laranjinha de pacu a 8% na dieta (DHL8%LP)

Nos grupos, a área sob a curva não apresentou diferença significativa entres os grupos experimentais, apresentando uma tendência de redução no grupo DHL e DHL8%LP. Tendo que, quanto maior a AUC mais intolerante à glicose.

Em indivíduos normais a taxa de decaimento deve ser rápida, pois sinaliza que estão tolerantes a insulina. Quando essa taxa de decaimento é lenta ou reduzida, pode-se relatar que a insulina não está conseguindo executar sua função endócrina de carrear a glicose a nível intracelular. Deste modo, em relação à taxa de decaimento (KIIT) não foi possível verificar diferença estatística entre os grupos. Porém houve tendência de maior taxa nos grupos AIN, DHL1%LP, DHL4%LP e DHL8%LP.

A obesidade está estreitamente correlacionada com a resistência à insulina e hiperglicemia (GREENBERG, 2006). Surpreendentemente, os níveis de glicose de ratos obesos não foram significativamente diferentes dos ratos de

peso normal neste estudo. Outros estudos anteriores também relataram achados semelhantes nos quais não encontraram diferença significativa na glicemia entre ratos de peso normal e ratos obesos (CHEN, 2008; REN, 2008). No entanto, eles encontraram resistência à insulina em ratos obesos. Isto é consistente com a noção de que a obesidade é frequentemente associada à resistência à insulina (GREENBERG, 2006).

A resistência à insulina é uma complicação que contribui para a síndrome metabólica, que compreende a um conjunto de fatores de risco, alterações metabólicas tais como a obesidade, a dislipidemia, a hipertensão e hiperglicemia. Deste modo, intervenções dietéticas e exercício físico podem melhorar o perfil lipídico e alguns suplementos que sensibilizam a insulina podem melhorar a resistência a mesma, podendo ser benéficos na prevenção e tratamento da obesidade e diabetes tipo 2. Pesquisas sugerem que suplementos com cromo associado à niacina podem ser eficazes na atenuação da resistência à insulina, reduzindo os níveis de colesterol (LAU et al., 2008).

A suplementação com a laranjinha de pacu liofilizada não atenuou a hiperglicemia induzida pela dieta high fat, o que causou um aumento na área sob a curva iGTT da glicose. A patogênese de intolerância à glicose é complexa e é principalmente uma função da interação da sensibilidade à insulina e função pancreática endócrina (Båvenholm, 2001). Assim, é necessário um estudo mais aprofundado para elucidar melhor o efeito da laranjinha de pacu sobre a resistência à insulina e hiperglicemia sob condições fisiológicas e fisiopatológicas.

Recentemente, muita atenção tem sido focada em bioativos naturais – os fitoquímicos - presentes em alimentos que podem proporcionar benefícios à saúde. Eles desempenham papéis importantes na prevenção de doenças crônicas e metabólicas, incluindo obesidade. O potencial dos componentes bioativos no tratamento e prevenção da obesidade está sob intensa exploração, o que representa uma estratégia alternativa e atraente para o desenvolvimento de um produto relacionado à anti-obesidade (MAYDANE, 2010; YUN, 2010).

6. CONCLUSÃO

O consumo do fruto laranjinha de pacu é uma opção saudável já que o mesmo apresenta características em sua composição, como atividade antioxidante, que pode reduzir o estresse oxidativo no corpo humano. A partir do resultado, é possível concluir que a laranjinha de pacu é um fruto que apresenta quantidade considerável de fibras, importante para o consumo. Isso faz com que a ingestão do fruto regional seja mais valorizada e divulgada para o consumo devido a seu baixo valor calórico, grande quantidade de fibras e compostos bioativos, importantes para a manutenção da saúde.

O fruto *in natura* apresenta resultados importantes para o consumo diário graças a seu valor energético, quantidade de fibras e compostos bioativos (fenóis, taninos e atividade antioxidante). Isso poderá trazer diversos benefícios a saúde, visto que, os minerais considerados como de alto conteúdo e fontes desempenham papéis importantes em diversas patologias como obesidade, hipertensão, osteoporose, diabetes, câncer, diabetes Mellitus, entre outras.

O liofilizado de laranjinha de pacu apresenta os valores de composição mais concentradas. Esse processo evidencia que a liofilização conservou as características do fruto in natura, especialmente nos valores de vitamina C. Pode-se afirmar que o liofilizado da laranjinha de pacu conserva os nutrientes do fruto e apresenta uma concentração 4,5 vezes maior quando comparado ao fruto in natura. Essa concentração evidencia a alta quantidade de fibra presente no fruto desidratado.

O processo de liofilização preserva a vitamina C – vitamina com alta taxa de perda. Isso evidencia a importância de utilizar um processamento correto nos frutos para preservação de vitaminas e minerais dos mesmos. O fruto in natura apresenta alto teor de vitamina C em sua composição, assim como o fruto liofilizado. Isso mostra a importância da utilização do fruto por moradores locais para a valorização regional.

A laranjinha de pacu apresenta em sua composição mineral importante para o funcionamento do organismo – Potássio, Fósforo, Cálcio e Magnésio. A

importância da divulgação do consumo desse fruto dá valor a região. O mesmo apresenta minerais essenciais e, em um futuro estudo, deve-se iniciar um processo de compreensão desses minerais do fruto em associação com o organismo.

De modo geral, observa-se que o grupo apresentando menor concentração do liofilizado de laranjinha de pacu, gera maior proteção contra o ganho de peso, reduz o consumo energético e melhora os parâmetros bioquímicos em comparação ao grupo com dieta hiperlipídica.

Pode-se observar que o fruto possui nutrientes importantes em sua composição. Estudos mais específicos com diferentes modelos de estudo devem ser realizados para melhores esclarecimentos sobre o potencial deste fruto regional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDOLLAHI, M.; FARSHCHI, A.; NIKFAR, S.; SEYEDIFAR, M. Effect of Chromium on Glucose and Lipid Profiles in Patients with Type 2 Diabetes; A Meta-analysis Review of Randomized Trials. **Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v.16, n.1, p. 99 - 114, 2013.

ALI, S. S.; KASOJU, N.; LUTHRA, A.; SINGH, A.; SHARANABASAVA, H.; SAHU, A.; BORA, U.Indian medicinal herbs as sources of antioxidants. **Food Research International**. v.41, p.1–15, 2009.

ALOTHMAN, M.; BHAT, R.; KARIM, A. A. Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. **Food Chemistry**, v.115, p.785–788, 2009.

AOAC. **Oficial Methods of Analysi**s. Chapter Cereal Foods, v. 32. p. 5. 2000.

AYOUB J.J,; SAMRA M.J.; HLAIS S.A.; BASSIL M.S.; OBEID O.A. Effect of phosphorus supplementation on weight gain and waist circumference of overweight/obese adults: a randomized clinical trial. **Nutrition & Diabetes,** v. 5, n.12, p.1-6, 2015.

AW, T.Y.; WIERZICKA, G.; JONES, D.P. Oral glutathione increases tissue glutathione in vivo. **Chemico-biological Interactions,** v.80, n.1, p.89-97, 1991.

Ball G. **Vitamins in foods: analysis, bioavaliability and stabylity**. New York: Taylor & Francis, 2006.

BARREIROS, A.L.B.S.; DAVID, J.M.; DAVID, J.P. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa dos organismos. **Química Nova**, v.29, n.1, p. 113-123, 2006.

BATISTA, L. C. L. **Qualidade nutricional e atividade antioxidante de laranjinha de pacu *Pouteria glomerata* (Miq.) Radlk) do Cerrado e do Pantanal [Dissertação].** Campo Grande: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul; 2013.

BATISTA, A.G . Jaboticaba (Myrciaria jaboticaba (Vell.) Berg.) peel improved triglycerides excretion and hepatic lipid peroxidation in high-fat-fed rats. **Revista de Nutrição.** Campinas,v. 26, n. 5, p. 571-581, 2013 .

BÅVENHOLM, P. N.; PIGON, J.; ÖSTENSON, C-G.; EFENDIC, S. Insulin sensitivity of suppression of endogenous glucose production is the single most important determinant of glucose tolerance. **Diabetes**. v.50, p.1449-1454. 2001.

BEHLING, E.; SENDÃO, M.; FRANCESCATO, H.; ANTUNES, L.; BIANCHI, M. Flavonóide quercetina: Aspectos gerais e ações biológicas. **Alimentos e Nutrição,** v. 15, n. 3, p. 285-292, 2004.

BRASIL. Agência de Vigilância Sanitária - ANVISA. **Rotulagem Nutricional Obrigatória. Manual de Orientação aos consumidores** - Educação para o Consumo Saudável. Brasília-DF. 2008.

BRASIL. Resolução nº 54, de 12 de novembro de 2012 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. **Diário Oficial da União**, Brasília, novembro de 2012.

BRASIL. Resolução nº272/05da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Aprova o regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas, e cogumelos comestíveis. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 de setembro de 2005. Seção 1, p. 374.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de atenção à saúde. Coordenação geral da política de alimentação. **Guia alimentar para a população brasileira. Brasília: Ministério da Saúde**. Série a. Normas e manuais técnicos. 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência nacional de vigilância sanitária. Portaria nº 398, de 30 de abril de 1999. Regulamento técnico que estabelece as diretrizes básicas para a análise e comprovação de propriedades funcionais e/ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. **Diário oficial da república federativa do Brasil**. Brasília, 1999 a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência nacional de vigilância sanitária. Resolução nº 19, de 30 de abril de 1999. Aprova o regulamento técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e/ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos, **Diário oficial da república federativa do Brasil.** Brasília. 1999 b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência nacional de vigilância sanitária. Resolução nº 19, de 30 de abril de 1999. Aprova o regulamento técnico de procedimentos para registro de alimento com alegação de propriedades funcionais e/ou de sua rotulagem, **Diário oficial da república federativa do Brasil**. Brasília, 2010 c.

BUETTNER, R.; SCHÖLMERICH, J.; BOLLHEIMER, L.C. High-fat diets: modeling the metabolic disorders of human obesity in rodents. **Obesity**. v.15, p.798–808. 2007

CAO, G.; SOFIC, E.; PRIOR, R. L. Antioxidant and prooxidant behavior of flavonoids: structure-activity relationships. **Free Radical Biology *and* Medicine**. v. 22, n. 5, p. 749-760, 1997.

CARNEIRO, B. L. A. **Estabilidade química e funcional dos compostos bioativos da polpa de buriti congelada liofilizada e atomizada** – dissertação revisada. Piracicaba, 2016.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. rev. Campinas, SP: Ed. da UNICAMP, 2003-2013.

CHEN, W.P.; HO, B.Y.; LEE, C.L.; LEE, C.H.; PAN, T.M. Red mold rice prevents the development of obesity, dyslipidemia and hyperinsulinemia induced by high-fat diet. **International Journal of Obesity**. v.32, p.1694–704. 2008.

CHENG, H.; LAI, M.; WEN-CHI HOU,W.; HUANG, C. Antioxidant Effects of Chromium Supplementation with Type 2 Diabetes Mellitus and Euglycemic Subjects. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 52, n.5, p. 1385–1389, 2004.

CLARKSON, P.M. Effects of exercise on chromium levels: Is supplementation required? ***Sports Medicine***, v.23, p.341-9,1997.

COLOMEU, T. C.; FIGUEIREDO, D.; CAZARIN, C. B. B.; SCHUMACHER, N. S. G.; MARÓSTICA Jr, M. R.; MELETTI, L. M. M.; ZOLLNER, R. L. Antioxidant and anti-diabetic potential of *Passiflora alata Curtis* aqueous leaves extract in type 1 diabetes Mellitus (NOD-mice). **International Immunopharmacology,** v.18, p.106–115, 2014.

COSTA, A. G. V.; GARCIA-DIAZ, D. F.; JIMENEZ, P.; SILVA, P. I. Bioactive compounds and health benefits of exotic tropical red–black berries. **Journal of Functional Foods,** v. 5, p. 539-549, 2013.

COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. **Alimentos funcionais: componentes bioativos e efeitos fisiológicos.** Rio de Janeiro, RJ: Rubio, 2011.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. Barueri, SP: Manole, 2005.

DAMASCENO JUNIOR, G. A.; SOUZA, P, R.; BORTOLOTTO, I. M.; RAMOS, M. I. L.; HIANE, P. A.; BRAGA NETO, J. A.; ISHII, I. H.; COSTA, D. C.;

DEFURIA, J.; BENNETT, G.; STRISSEL, K.J.; PERFIELD, J.W.; MILBURY, P.E.; GREENBERG, A.S. Dietary blueberry attenuates whole-body insulin resistance in high fat-fed mice by reducing adipocyte death and its inflammatory sequelae. **Jounal of Nutrition**. v.139, p. 1510-16. 2009.

DE OLIVEIRA, D.M.; BASTOS, D.H.M. BIODISPONIBILIDADE DE ÁCIDOS FENÓLICOS. **Química Nova**, v. 34, n. 6, p.1051-1056, 2011.

DIETARY REFERENCE INTAKES (DRI). **Dietary reference intakes for: energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids (macronutrients)**. Washington, DC: National Academic Press, p. 1331, 2005.

DRAGANO, N.R.; MARQUES, A.Y.; CINTRA, D.E.; SOLON, C.; MORARI, J.; LEITE-LEGATTI, A.V.; VELLOSO, L.A.; MARÓSTICA-JÚNIOR, M.R. Freeze-dried jaboticaba peel powder improves insulin sensitivity in high-fat-fed mice. **British Journal of Nutrition**. v.110, n.3, p.447-55. 2013.

DUBICK, M. A.; OMAYE, S. T. Modification of atherogenesis and heart disease by grape wine and tea polyphenols. In: Wildman, R. E.C. (org). **Handbook of Nutraceutical and Functional Food**. Boca Raton: CRC Press, v. 14, p. 143-153, 2001.

ESCARPA, A.; GONZÁLEZ, M. C. Approach to the content of total extractable phenolic compounds from different food samples by comparison of chromatographic and spectrophotometric methods. **Analytica Chimica Acta**, v. 427, p. 119-127, 2001.

EVELO, C.T.A.; PALMEN, N.G.M.; ARTUR, Y.; JANSSEN, G.M.E. Changes in blood glutathione concentrations, and in erythrocyte glutathione reductase and glutathione S-transferase activity after running training and after participation in contests. **European Journal *of* Applied Physiology**, v.64, n.4 p.354-358, 1992.

FUENTEALBA, C.; GÁLVEZ, L.; COBOS, A.; OLAETA,J. A.; DEFILIPPI, B. G.; CHIRINOS, R.; CAMPOS, D.; PEDRESCHI, R. Characterization of main primary and secondary metabolites and in vitro antioxidant and antihyperglycemic properties in the mesocarp of three biotypes of Pouteria lucuma. **Food Chemistry,**v. 190, n. 1, p. 403-411. 2015.

GATTUSO, G.; BARRECA, D.; GARGIULLI, C.; LEUZZI, U.; CARISTI, C. Flavonoid composition of Citrus juices. **Molecules**, v.12, n.?, p.1641-1673, 2007.

GAVA, A.J.; SILVA, C.A.B., FRIAS, J.R.G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações.** 2. ed. São Paulo: Nobel, p. 512. 2009.

GOFFEY, D.G.; CLYDESDALE, F.M.; FRANCIS, F.G.; DAMON, J.R.R.A; Stability and complexation of cyaniding-3-glucoside and raspberry juice extract in the presence of selected cations. **Journal of Food Protection,** v.44, n.7, p. 516-523, 1981.

GORDON, A., JUNGFER, E., DA SILVA, B.A., MAIA, J.G., MARX, F. Phenolic constituents and antioxidant capacity of four underutilized fruits from the Amazon region. **Journal of Agricultural and Food Chemistry,** v.59, n.14, p. 7688-99, 2011.

GORINSTEIN, S.; ZEMSER, M.; HARUENKIT, R.; CHUTHAKORN, R.; GRAUER, F.; MARTIN-BELLOSO, O.; TRAKHTENBERG, S. Comparative content of total polyphenols and dietary fiber

in tropical fruits and persimmon. **The Journal of Nutritional *Biochemistry***. v.10, n.6, p.367–371, 1999.

GREENBERG, A.S.; OBIN, M.S. Obesity and the role of adipose tissue in inflammation and metabolism. **American Journal** of **Clinical Nutrition**. v.83, p.461–465. 2006.

HARIRI, N.; THIBAULT, L. High-fat diet-induced obesity in animal models. **Nutrition Research Reviews**. v.23, p.270–99. 2010.

HASLER, C.M.; KUNDRAT,S.; WOOL, D. Alimentos funcionais e doença cardiovascular. **Current Atherosclerosis *Reports***. v. 2. p.8-17, 2001.

HAZIM, J.;HLAIS, S.;GHATTAS, H.; SHATILA, D.; BASSIL, M.; OBEID, O. Phosphorus supplement alters postprandial lipemia of healthy male subjects: a pilot cross-over trial. **Lipids in Health and Disease**, v. 13, n. 109, p. 1-5, 2014.

Hilário-Souza; E., CUILLEL, M.; MINTZ, E.; CHARBONNIER, P.; VIEYRA, A.; CASSIO, D.; LOWE, J. Modulation of hepatic copper-ATPase activity by insulin and glucagon involves protein kinase A (PKA) signaling pathway. **Biochimica *et* Biophysica Acta*,*** v. 1862, n. 11, p. 2086-2097, 2016.

HUGGET, A.C.; VERSCHUREN, P.M. The safety assurance of functional foods. **Nutrition Reviews,** v. 54, n. 11, p. S132 – S140, 1996.

INTERNATIONAL FOOD INFORMATION COUNCIL FOUNDATION – IFIC. **ALIMENTOS FUNCIONALES**. 2004.

INSTITUTE OF MEDICINE (IOM). **Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids (Macronutrients).** Washington, DC: National Academy Press; 2002, 936p.
Site: http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=10490.

JIMENEZ-GARCIA, S. N.; GUEVARA-GONZALEZ, R. G.; MIRANDA-LOPEZ, R.; FEREGRINO-PEREZ, A. A.; TORRES-PACHECO, I.; VAZQUEZ-CRUZ, M. A. Functional properties and quality characteristics of bioactive compounds in berries: Biochemistry, biotechnology, and genomics. **Food Research International,** v. 54, p. 1195–1207, 2013.

JONES, P.J.; VARADY, K.A. Are functional foods redefinig nutritional requeriments? **Applied Physiology*,* Nutrition*, and* Metabolism**, v.33, n.1, p.118-23, 2008.

KACZMARCZYK, M.M.;MILLER, M.J.; FREUND, G.G. The health benefits of dietary fiber: beyond the usual suspects of type 2 diabetes Mellitus, cardiovascular disease and colon cancer. **Metabolism**, v.61, n.8, p.1058-66, 2012.

KENDALL, C. W.; ESFAHANI, A.; JENKINS, D. J. The link between dietary fibre and human health. **Food Hydrocolloids,** v. 24, n. 1, p. 42-48, 2010.

KHATTAB, M.; ABI-RASHED, C.; GHATTAS, H.;HLAIS, S.; OBEID, O. Phosphorus ingestion improves oral glucose tolerance of healthy male subjects: a crossover experiment. **Nutrition Journal,** v. 14, n. 112, p. 1-8, 2015.

LAJOLO, F.M. FUNCTIONAL FOOD LEGISTATION IN BRAZIL. IN: HASLER, CM. ed. **Regulation of functional foods and nutraceuticals: a global perspective**. Oxford: Blackwell Publish. p. 367-376. 2005.

LAU, F. C.; BAGCHI, M.; SEN, C. K.; BAGCHI, D. Nutrigenomic basis of beneficial effects of chromium (III) on obesity and diabetes. ***M*olecular *and* Cellular Biochemistry,** v.317, n .1-2 p.1–10, 2008.

LENQUISTE, S. A.; BATISTA, A. G.; MARINELI, R. S.; DRAGANO, N. R. V.; MARÓSTICA JR, M. R. Freeze-dried jaboticaba peel added to high-fat diet increases HDL-cholesterol and improves insulin resistance in obese rats. **Food Research International,** v. 49, p. 153–160, 2012.

LEWICKI, S.; ZDANOWSKI, R.;KRZYŻOWSKA, M.; LEWICKA, A.; DĘBSKI, B.; NIEMCEWICZ, M.; MARIUSZ GONIEWICZ, M. The role of Chromium III in the organism and its possible use in diabetes and obesity treatment. **Annals of Agricultural and Environmental Medicine,** v. 21, n. 2, p. 331–335, 2014.

LIM, Y. Y.; LIM, T. T.; TEE, J. J. Antioxidant properties of several tropical fruits: A comparative study. **Food Chemistry,** v.103, n. 3 p.1003–1008, 2007.

LIMA, A.; SILVA, A. M. O.; TRINDADE, R. A.; TORRES, R. P.; MANCINI-FILHO, J. Composição química e compostos bioativos presentes na polpa e na amêndoa do pequi (Caryocar brasiliense, Camb.). ***Revista Brasileira* de Fruticultura,** v. 29, n. 3, p. 695-698, 2007 .

LOPES, R. M.; OLIVEIRA, T. T. de; NAGEM, T. J.; PINTO, A. da S. Flavonóides. Farmacologia de flavonóides no controle hiperlipidêmico em animais experimentais. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, ano 3, n. 17. 2000.

LOVE, K.; PAULL, R.E. ABIU. Colege of Tropical Agriculture and Human Resources. **Fruits na Nuts**, n.24, p.1-6, 2011

MARIN, A. M. F.; SIQUEIRA, E. M. A.; ARRUDA, S. F. Minerals, phytic acid and tannin contents of 18 fruits from the Brazilian savanna. **International Journal of Food Sciences and Nutrition,** v.60, n.s7, p.180-190, 2009.

Marques, A.Y.; Dragano, N.R.; Lenquiste, S.A.; Batista, A.G.; Palazzo, C.C.; Maróstica, M.R. Jr. Freeze-dried jaboticaba peel powder rich in anthocyanins did not reduce weight gain and lipid content in mice and rats. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**. v.62, p.37-43. 2012.

MASHARANI, U.; GJERDE, C.; MCCOY, S.; MADDUX, B. A.; HESSLER, D.; GOLDFINE, I. D.; YOUNGREN, J. F. Chromium supplementation in non-obese non-diabetic subjects is associated with a decline in insulin sensitivity. **BMC Endocrine Disorders,** v.30, p.12-31. 2012.

MARTINS, S.; MUSSATTO, S.L; MARTÍNEZ-ÁVILA, G.; MONTÃNEZ-SAENZ, J.; AGUILAR, C.N.; TEIXEIRA, J.A. Bioactive phenolic compounds: production and extraction by solid-statefermentation. A review. **Biotechnology Advances**, v.29, n.3, p.365-373, 2011.

MAZZA, G.; MINIATI, E. Grapes. In: MAZZA, G. **Anthocyanins in fruits, vegetables and grains**. Boca Raton. CRC Press, p.149-199. 1993.

MERTZ W. Chromium occurrence and function in biological systems. **Physiol Rev**, v.49, p.163-239. 1969

MEYDANI, M.; HASAN, S. T. Dietary polyphenols and obesity. **Nutrients**. v.2, p.737-751. 2010.

MOO-HUCHIN, V. M.; ESTRADA-MOTA, I.; ESTRADA-LEON, R.; CUEVAS-GLORY, L.; ORTIZ-VAZQUEZ, E.; VARGAS Y VARGAS, M. L.; BETANCUR-ANCONA, D. SAURI-DUCH, E. Determination of some physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of tropical fruits from Yucatan,Mexico. **Food Chemistry,** v. 152, p. 508–515, 2014.

MORAES, F. P.; COLLA, L. M. Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, Legislação e benefícios à saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia.** v. 3, n.2, p.109-122, 2006.

NASCIMENTO, O.V.; BOLETI, A.P.; YUYAMA, L.K.; LIMA, E.S. Effects of diet supplementation with Camu-camu (Myrciaria dubia HBK McVaugh) fruit in a rat model of diet-induced obesity. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.85, p.355–363, 2013.

NASCIMENTO, V. E; MARTINS, A. B. G.; HOJO, R. H. Caracterização física e química de frutos de Mamey. **Revista Brasileira de Fruticultura,** v. 30, n. 4, p. 953-957, 2008.

NGO, D.; VO, T.; NGO, D.; WIJESEKARA, I.; KIM. S. Biological activities and potential health benefits of bioactive peptides derived from marine organisms. **International Journal of Biological Macromolecules,** v. 51, p. 378- 383, 2012.

NITZKE , J. A. Alimentos funcionais – uma análise histórica e conceitual. In: **Agronegócio: panorama, perspectivas e influência do mercado de alimentos certificados**". Curitiba : Appris, p.11-23. 2012.

NOEMAN, S.A.; HAMOODA, H.E.; BAALASH, A.A. Biochemical study of oxidative stress markers in the liver, kidney and heart of high fat diet induced obesity in rats. **Diabetology & Metabolic Syndrome.** v.3, p.17. 2011.

OBEID, O. A.; DIMACHKIE, S.; HLAIS, S. Increased phosphorus content of preload suppresses ad libitum energy intake at subsequent meal. **International Journal of Obesity**, v. 34, p. 1446–1448, 2010.

OSTER, M.; JUST, F.; BÜSING, K.; WOLF, P.; POLLEY, C.; VOLLMAR B.; MURÁNI E.; PONSUKSILI S.; WIMMERS K. Toward improved phosphorus efficiency in monogastrics-interplay of serum, minerals, bone, and immune system after divergent dietary phosphorus supply in swine. **American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 310, n. 10, p.R917-25. 2016.

PATTHAMAKANOKPORN, O; PUWASTIEN, P.; NITITHAMYONG, A.; SIRICHAKWAL, P.P. Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.21, p.241–248, 2008.

Palmer, B. F.; Clegg, D, J. Achieving the Benefits of a High-Potassium, Paleolithic Diet, Without the Toxicity. ***Clinic*** **Proceedings.** v. 91, n. 4, p. 496–508, 2016.

PELUZIO, M.C.G.; ROSA, D.D.; OLIVEIRA, V.P. Vitaminas antioxidantes. In: **Alimentos funcionais** – componentes bioativos e efeitos fisiológicos. Rio de Janeiro, p.51. 2010.

PÉREZ-VERDAGUER, M.; CAPERA, J.; SERRANO-NOVILLO, C.; ESTADELLA, I.; SASTRE, D.; FELIPE, A. The voltage-gated potassium channel Kv1.3 is a promising multitherapeutic target against human pathologies. **Expert Opinion on Therapeutic Targets**. v. 20, n. 5, p. 577-591, 2016.

PIMENTEL, C. V. M. B.; FRANCKI, V. M.; GOLLÜCKE, A. P. B. **Alimentos funcionais: introdução as principais substâncias bioativas em alimentos**. São Paulo: Ed. Varela, 2005. 95 p.

POTT. A.; POTT, J. V.; SOBRINHO, A. A. B. Plantas úteis à sobrevivência no pantanal. In: IV Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal, 2004. Corumbá – MS, **Anais de Corumbá** – MS, 2004.

PRIOR, R.L.; WILKES, S.E.; ROGERS, T.R.; KHANAL, R.C.; WU, X.; HOWARD, L.R. Purified blueberry anthocyanins and blueberry juice alter development of obesity in mice fed an obesogenic high-fat diet. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.58, p.3970-76. 2010.

PRIOR, R. L.; WU, X.; GU, L.; HAGER, T. J.; HAGER, A.; HOWARD, L. R. Whole berries versus berry anthocyanins: interactions with dietary fat levels in the C57BL/6J mouse model of obesity. Journal of Agricultural and **Food Chemistry**. v.56, p.647–653. 2008.

PRIOR, R.L.; WU, X.; GU, L.; HAGER, T.J.; HAGER, A.; HOWARD, L.R. Whole berries versus berry anthocyanins: interactions with dietary fat levels in the C57BL/6J mouse model of obesity. Journal of Agricultural and **Food Chemistry**. v.56. p.647–53. 2008.

RAMIREZ-TORTOZA, C.; ANDERESEN, O.M.; GARDNER, P. T.; MORRICE, P.C.; WOOD, S. G.; DUTHIE, S. J.; COLLINS, A. R.. Anthocyanin-rich extract decreases indices of lipid peroxidation and DNA damage in vitamin E depleted rats. **Free Radical Biology *and* Medicine**. v. 46, p. 1033-1037, 2001.

RAMOS, M. I. L.; RAMOS FILHO, M. M.; HIANE, O. A.; BRAGA NETO, J. A.; SIQUEIRA, E. M. A. Qualidade nutricional da polpa de bocaiuva *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. **Ciências e Tecnologia de Alimentos,** v. 28(supl.), p. 90-94, 2008.

REN, J.; ZHU, B.H.; RELLING, D.P.; ESBERG, L.B.; CEYLAN-ISIK, A,F. High-fat diet-induced obesity leads to resistance to leptin-induced cardiomyocyte contractile response. **Obesity**. v.16, p.2417–23. 2008

REUTER, T.Y. Diet-induced models for obesity and type 2 diabetes. **Drug Discovery Today: Disease Models**. v.4, p.3–8. 2007.

RICE-EVANS, C. A; MILLER, N. J; PAGANGA, G. Antioxidant properties of phenolic compounds. **Trends Plant Science**. v. 2, p. 152-159, 1997.

ROCHA, W. S.; SILVA, D.B.; VIEIRA, R.F.; SILVA, J.P.; AGOSTINI-COSTA, T.S. Compostos fenólicos totais e taninos condensados em frutas nativas do Cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 33, n. 4, p. 1215-1221. 2011.

ROESLER, ROBERTA, nabavi, L.G.; CARRASCO, L.C.; HOLANDA, R.B.; SOUSA, C.A.S.; PASTORE, G.M. Atividade antioxidante de frutas do Cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 27, n. 1, p. 53-60. 2007.

ROMERO, I.; CABALLERO, C.F.; SANCHEZ-BALLESTA, M.T.; ESCRIBANO, M.I., MERODIO, C. Influence of the stage of ripeness on phenolic metabolism and antioxidant activity in table grapes exposed to different CO2 treatments. **Postharvest Biology and Technology**, v.54, n.2, p.118–121, 2009.

RUFINO, M. D. M.; ALVES, R. E.; DE BRITO, E. S.; PEREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 nontraditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n.4, p.996–1002. 2010.

RUFINO, M.S.M.; FERNANDES, F.A.N.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S. Free radical-scavenging behaviour of some north-east Brazilian fruits in a DPPH system. **Food Chemistry**, v.114, n.2, p.693-695, 2009.

SABLANI, S.S. Effects of air and freeze drying on phytochemical content. **Drying Technology**, v. 29, p. 205-216, 2011.

SANTOS, WALTER N.L.; SAUTHIER, M.C.; CAVALCANTE, D.D., BENEVIDES, C.M.J.; DIAS, F.S.; SANTOS, DCMB. Mineral composition, nutritional properties, total phenolics and flavonoids compounds of the atemoya fruit (Annona squamosa L. x Annona cherimola Mill.) and evaluation using multivariate analysis techniques. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. v. 88, n. 3, p. 1243-1252. 2016.

SCHWARZ, G.; MENDEL, R.R.; RIBBE, M. W. Molybdenum cofactors, enzymes and pathways. **Nature**. v. 460, n.13, p. 839-847, 2009.

SELANI, M. M.; BIANCHINI, A.; RATNAYAKE, W. S.; FLORES, R. A.; MASSARIOLI, A. P.; ALENCAR, S. M. de.; BRAZACA, S. G. C. Physicochemical, Functional and Antioxidant Properties of Tropical Fruits Co-products. **Plant Foods for Human Nutrition**. v.7,n.2, p.137-44. 2016.

SETHU, K.M.P.; PRABHA, T.N.; THARANATHAM, R.N. Post harvest biochemical changes associated with the softening phenomenon in Capsicum annum fruits. **Phytochemistry**. v. 42, n.4, p. 961 966, 1996.

SHRIVASTAVA, R.; UPRETI, R.K.; SETH, P.K.; CHATURVEDI, U.C. Effects of chromium on the immune system. **Immunology and Medical Microbiology**, v.34, p. 1-7, 2002.

SLAVIN, J.; GREEN, H. Dietary fibre and satiety. **Food and Nutrition Bulletin**. v.32, p.32–42. 2007

SILVA, F.A.M.; BORGES, M.F.M.; FERREIRA, M.A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**. v.22, p.94-103, 1999.

SILVA, B.; GORDON, A.; JUNGFER, E.; MARX, F.; MAIA, J. Antioxidant capacity and phenolics of Pouteria macrophylla, an under-utilized fruit from Brazilian Amazon. **European Food Research & Technology**., v. 234, p.761. 2012.

SILVA G. M. **Potencial antioxidante de frutos do Cerrado e do Pantanal, no Estado de Mato Grosso do Sul** [Dissertação]. Campo Grande: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul; 2010.

SILVA, M. R.; LACERDA, D. B. C. L.; SANTOS, G. G.; MARTINS, D. M. DE. O. Caracterização química de frutos nativos do Cerrado. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.38, n.6, p.1790-1793, set, 2008

SILVA, M. R.; LACERDA, D. B. C. L.; SANTOS, G. G.; MARTINS, D. M. O. Chemical characterization of native species of fruits from savanna ecosystem. **Ciência Rural.** v.38, n.6, p.1790-1793, 2008.

SILVA, S. M. C. S.; MURA, J. D. P. (Org.). **Tratado de alimentação, nutrição & dietoterapia**. 2. ed. São Paulo, SP: Roca, 2011.

SILVA, V.L.; COZZOLINO, S.M.F. Vitamina C (ácido ascórbico). In: COZZOLINO, S.M.F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 4. ed. atualizada. e ampliada. Barueri, SP: Manole, p.423. 2012-2013.

SONG, M.;. SCHUSCHKE, D. A.; ZHOU, Z.; CHEN, T.; PIERCE JR. W. M.; WANG, R.; JOHNSON, W.T; MCCLAIN, C. J. High fructose feeding induces copper deficiency in Sprague–Dawley rats: A novel mechanism for obesity related fatty liver. **Journal of Hepatology**. v. 56, p.433–440, 2012.

SOUZA, V. R.; PEREIRA, P. A. P.; QUEIROZ, F.; BORGES, S. V.; CARNEIRO, J. D. S. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**, v. 134, n. 1, p. 381-386, 2012.

SULAIMAN, S. F.YUSOFF, N.A.M; ELDEEN, I.M.; SEOW, E.M.; SAJAK, A.A.B; OOI, K.L. Correlation between total phenolic and mineral contents with antioxidant activity of eight Malaysian bananas (Musa sp). **Journal of Food Composition and Analysis**, v.24, p.1–10, 2011.

STAVRIC, B. Antimutagens and anticarcinogens in foods. **Food and Chemical Toxicology**. v.32, n.1, p.79-90, 1994.

STRINGHETA, P. C.; OLIVEIRA, T. T.; GOMES, R. C. Políticas de saúde e alegações de propriedades funcionais e de saúde para alimentos no Brasil**. Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**. v. 43, n. 2, p. 181-194, 2007.

SUN, L.; YU, Y.; HUANG, T.; NA, P.; YU, D.;, YU, Z.; LI, H.; SHENG, H.;CAI, L.; XUE, J.; JING, M.; LI, Y.; LIN, X.; WANG, F. Associations between Ionomic Profile and Metabolic Abnormalities in Human Population. **Plos one**. v. 7, n. 6, 2012.

SWAIN, T.; HILLS, W. E.The phenolic constituents of Punnusdomestica.Iquantitative analysis of phenolics constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 19, n. 1, p. 63-68, 1959

TOMÁS-BARBERÁN, F.A.; ESPIN, J.C. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 81, n. 9, p. 853-876, 2001.

TUTIC, A.; NOVAKOVIC,S.; LUTOVAC, M,; BIOCANIN, R.; KETIN, S. The Heavy Metals in Agrosystems and Impact on Health and Quality of Life. **Journal of Medical Sciences**. v. 3, n. 2, p. 345-355, 2015.

[a]YAHIA, E.M., &GUTIÉRREZ-OROZCO, F. **Mamey sapote (Pouteria sapota Jacq. H. E. Moore&Stearn).** In: Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. Editor: Yahia, E.M. Woodhead Publishing Limited, v. 3, p. 482-491, 2011.

[b]YAHIA, E.M., &GUTIÉRREZ-OROZCO, F. (2011). **Lucuma (Pouteria lucuma (Ruiz and Pav) Kuntze).** In: Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. Editor: Yahia, E.M. Woodhead Publishing Limited, v. 3, p. 443-449.

YAHIA, E. M., GUTIÉRREZ-OROZCO, F.; LEON, C. A.Phytochemical and antioxidant characterization of mamey (Pouteria sapota Jacq. H.E. Moore & Stearn) fruit. **Food Research International**. v.44 p.2175–2181. 2011.

YANG, B.; MENG, Z.; DONG, J.; YAN, L.; ZOU, L.; TANG, Z.; DOU, G.; Metabolic profile of 1,5-dicaffeoylquinic acid in rats, an in vivo and in vitro study. ***Drug Metabolism* and *Disposition*** v.33, n.7, p.930-6. 2005.

YANG, R.; LE, G.; LI, A.; ZHENG, J.; SHI, Y. Effect of antioxidant capacity on blood lipid metabolism and lipoprotein lipase activity of rats fed a high-fat diet. **Nutrition**. v.22, p.1185–91. 2006.

YUN, J. W. Possible anti-obesity therapeutics from nature – A review. **Phytochemistry**. v.71, p.1625-1641. 2010.

VAN DE VELDE, F.; TAROLA, A.M.; GUEMES, D.; PIROVANI, M.E. Bioactive compounds and antioxidant capacity of Camarosa and Selva strawberries (Fragaria x ananassa Duch.). **Foods**. v.2, n.2, p.120–131, 2013.

VIEIRA, RF; AGOSTINI-COSTA, TS; SILVA, DB; SANO, SM; FERREIRA. FR. **Frutas nativas na região Centro-Oeste do Brasil.** Embrapa. 2010.

VIGITEL. **Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico**. 2011; http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigitel_brasil_2011_fatores_risco_doencas_cronicas.pdf.

WOLLGAST, J. & ANKLAM, E. Polyphenols in chocolate: Is there a contribution to human health? **Food Research International**, v.33, p. 449–459, 2000.

ZENEBON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Instituto Adolfo Lutz (São Paulo). São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. Versão eletrônica.

ZIN, Z. M.; HAMID, A.; OSMAN, A.; SAARI, N. Antioxidative activities of chromatographic fractions obtained from root, fruit, and leaf of Mengkudu (Morinda citrifolia L.). **Food Chemistry**, v.94, p.169–178, 2006.