

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA

THAÍS SANTOS SOARES

TRANSFERIBILIDADE DE *PRIMERS* MICROSSATÉLITES ENTRE ESPÉCIES
VEGETAIS

PATOS DE MINAS – MG
DEZEMBRO DE 2019

THAÍS SANTOS SOARES

**TRANSFERIBILIDADE DE *PRIMERS* MICROSSATÉLITES ENTRE ESPÉCIES
VEGETAIS**

“Monografia apresentada ao Instituto de Biotecnologia da Universidade Federal de Uberlândia como requisito final para a obtenção do título de Bacharel em Biotecnologia”

**Orientadora: Prof. Dra. Terezinha Aparecida
Teixeira**

**PATOS DE MINAS – MG
DEZEMBRO DE 2019**

THAÍS SANTOS SOARES

Transferibilidade de primers microssatélites entre espécies vegetais

“Monografia apresentada ao Instituto de Biotecnologia da Universidade Federal de Uberlândia como requisito final para a obtenção do título de Bacharel em Biotecnologia”

Banca Examinadora:

Terezinha

Prof. Dra. Terezinha Aparecida Teixeira – IBTEC/UFU
Presidente

Aulus

Prof. Dr. Aulus Estevão Anjos de Deus Barbosa – IBTEC/UFU
Membro

Gilvan

Prof. Dr. Gilvan Caetano Duarte – IBTEC/UFU
Membro

Patos de Minas-MG, 11/12/2019.



Scanned with
CamScanner

AGRADECIMENTOS

Obrigada!

A Deus por ter me dado sabedoria e força, por todas as coisas boas e ruins que me aconteceram, me fizeram chegar aonde cheguei, ser quem eu sou.

Aos meus pais Geraldo Eustáquio (*in memoriam*) e Niusa Maria, que são minha fonte de inspiração e determinação, por todo amor.

A minha irmã Thalyta, pelo apoio e compreensão.

A minha orientadora Terezinha, que contribuiu muito na realização deste trabalho e pela atenção.

Aos professores que tive a honra de conhecer, me deram recursos e sabedoria para que eu pudesse evoluir um pouco mais todos os dias, em especial ao Aulus e Gilvan.

A todos os amigos Carol, Marília, Fran, Thaissa, Luiza, Thais, Michelle e Gustavo, pelo acolhimento, amizade e incentivo.

RESUMO

Os microssatélites ou Sequências Simples Repetidas (SSR) são marcadores genéticos eficazes para análise genômica detalhada. Eles se destacam pela herança codominante, serem abundantes no genoma, possuírem boa reprodutibilidade, elevado polimorfismo e facilidade de detecção por reação em cadeia da polimerase (PCR). Entretanto, o processo de obtenção dos *primers* microssatélites demanda mão de obra qualificada e apresenta um custo relativamente alto, limitando o seu uso para espécies com menor expressão comercial. Uma alternativa é realizar a transferibilidade dos *primers* SSR entre as espécies semelhantes. Neste contexto, o trabalho foi realizado com o objetivo de analisar, a partir da literatura, a ocorrência de transferibilidade de *primers* microssatélites entre espécies vegetais. Realizou-se o estudo bibliográfico de publicações em periódicos, dissertações e teses. A identificação das fontes foi realizada por meio de bancos de dados bibliográficos do Scielo, NCBI, Embrapa e Repositórios, selecionando-se apenas aquelas que atendiam aos critérios de inclusão definidos neste estudo. Foram incluídas apenas as publicações que responderam à questão do estudo, publicadas no período de 2007 a 2019 e nos idiomas português e inglês. A amostra foi, portanto, constituída de 18 publicações. Com o presente estudo conclui-se que ocorre transferibilidade de forma bem sucedida, principalmente quando as espécies são do mesmo gênero, oferecendo a possibilidade e utilização de *primers* em análises genéticas de espécies ainda pouco estudadas. Portanto, o emprego da transferibilidade representa um recurso de grande importância na pesquisa científica, contribuindo para o desenvolvimento do conhecimento científico, especialmente para espécies de menor interesse econômico.

Palavras-chave: Marcadores moleculares, SSR, plantas.

ABSTRACT

Microsatellites or Simple Repeat Sequences (SSR) are effective genetic markers for detailed genomic analysis. They stand out for their codominant inheritance, abundance in the genome, good reproducibility, high polymorphism and ease of detection by polymerase chain reaction (PCR). However, the process of obtaining microsatellite primers requires skilled labor and has a relatively high cost, limiting their use for species with less commercial expression. An alternative is to perform SSR primer transferability between similar species. In this context, the work was carried out in order to analyze, from the literature, the occurrence of microsatellite primers transferability between plant species. The bibliographical study of publications in journals, dissertations and theses was performed. Source identification was performed using bibliographic databases from Scielo, NCBI, Embrapa and Repositories, selecting only those that met the inclusion criteria defined in this study. Only publications that answered the study question, published from 2007 to 2019 and in Portuguese and English languages were included. The sample was therefore made up of 18 publications. The present study concludes that transferability occurs successfully, especially when the species are of the same genus, offering the possibility and use of primers in genetic analysis of species still under study. Therefore, the use of transferability represents a very important resource in scientific research, contributing to the development of scientific knowledge, especially for species of lower economic interest.

Keywords: Molecular Markers, SSR, plants.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVOS	8
2.2 Objetivo Geral.....	8
2.2 Objetivo Específicos	8
3 METODOLOGIA	8
3.1 Levantamento dos dados.....	9
3.2 População e amostra.....	9
3.3 Análise de resultados	9
4 REFERENCIAL TEÓRICO	10
4.1 Marcadores moleculares em plantas	10
4.2 Marcadores moleculares microssatélites.....	11
4.3 Transferibilidade de marcadores microssatélites.....	13
4.4 Análise e discussão.....	13
4.4.1 Transferibilidade dentro de gênero	14
4.4.2 Transferibilidade dentro de família	16
5 CONCLUSÃO	20
REFERÊNCIAS.....	21

1 INTRODUÇÃO

O uso de ferramentas biotecnológicas, como marcadores moleculares, vêm sendo amplamente difundido para diversas finalidades, tais como estudos de diversidade, distância genética, genotipagem, mapeamento de regiões específicas, estudos de associação e seleção genética, tornando uma técnica de grande importância e eficácia.

Marcadores moleculares de DNA são importantes para estudos de organismos pouco conhecidos, pois, permitem mensurar a diversidade genética e as relações entre organismos em nível do DNA, descartando influências ambientais. Marcadores moleculares ligados a características agrônomicas podem aumentar a exatidão e a eficiência da seleção, reduzindo, assim, a carga de trabalho de campo, sendo a seleção com marcadores moleculares um dos fatores para o sucesso de programas de melhoramento.

Dentre os diversos tipos de marcadores moleculares existentes, os microssatélites ou sequências simples repetidas, do inglês *Single Sequence Repeat* (SSR), se destacam pela herança codominante, serem abundantes no genoma, possuírem boa reprodutibilidade, elevado polimorfismo e facilidade de detecção por reação em cadeia da polimerase (PCR) (MOE et al., 2007).

Uma alternativa para viabilizar as análises de microssatélites em espécies para as quais ainda não existam *primers* específicos é a transposição de *primers* de espécies evolutivamente próximas, economizando os custos de construção. Contudo, são questões que nos desafiam e nos incentivam a pensar se acontece a transferibilidade entre espécies. A transferibilidade de marcadores microssatélites conferida a espécies relacionadas é possível devido ao fato de que as sequências que antecedem as regiões microssatélites se encontram altamente conservadas entre espécies de um mesmo gênero ou mesmo de uma mesma família (ELLIS; BURKE, 2007). Para tanto, é imprescindível a transferibilidade, que é a capacidade de marcadores moleculares desenvolvidos para uma espécie amplificar segmentos de DNA de outra espécie, dependendo da distância evolutiva e da complexidade dos genomas envolvidos. Assim, desde que marcadores microssatélites estejam disponíveis em espécies relacionadas à espécie de interesse, é viável testar a transferibilidade. A alta taxa de transferibilidade é um dos fatores que contribuem para que estes sejam empregados mais amplamente em estudos de genética de populações, diversidade genética e várias outras pesquisas. Logo, faz-se necessário buscar, conhecer e compreender essa transferência de *primers* microssatélites entre espécies.

Assim posto, a ideia central foi gerar informações que possam contribuir para um maior esclarecimento e compreensão sobre a transferibilidade de *primers* microssatélites entre espécies do mesmo gênero ou da mesma família, ampliando as perspectivas de utilização e contribuindo com o avanço da ciência.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar, a partir da literatura, a ocorrência de transferibilidade de *primers* microssatélites entre espécies vegetais.

2.2 Objetivos Específicos

- Investigar, a partir da literatura, a transferibilidade de *primers* microssatélites entre plantas do mesmo gênero;
- Avaliar, a partir da literatura, a transferibilidade de *primers* microssatélites entre espécies vegetais da mesma família.
- Discutir, a partir da literatura, se a transferibilidade de *primers* microssatélites contribui positivamente nas pesquisas.

3 METODOLOGIA

A revisão bibliográfica ou revisão de literatura compreende uma análise crítica, ampla e cautelosa das publicações existentes de determinada área de conhecimento (TRENTINI; PAIM, 1999).

A pesquisa bibliográfica não deve ser confundida com uma repetição acerca do que já foi publicado sobre determinado assunto, e sim, deve ser encarada como um estudo que propicia o exame de um tema perante novo enfoque, o que pode gerar conclusões revolucionárias. Já que, a finalidade desse tipo de pesquisa é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que já foi escrito e dito sobre determinado assunto (MARCONI; LAKATOS, 2007).

Para Botelho et al. (2011), esse tipo de revisão é utilizado como forma de obter, a partir de evidências, informações que possam contribuir com processos de tomada de decisão. A sua finalidade é fazer com que o pesquisador entre em contato direto com todo o material escrito sobre um determinado assunto, auxiliando o pesquisador na análise de suas pesquisas ou na manipulação de suas informações.

3.1 Levantamentos de dados

As bases de dados NCBI (Centro Nacional de Informação Biotecnológica) (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>), Scielo (*Scientific Eletronic Library Online*) (<https://scielo.org/>), Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) (<https://www.embrapa.br/>) e Repositório de Universidades serviram como instrumentos para a coleta de dados, a partir dos seguintes descritores: transferibilidade, *primers*, microssatélites, vegetais.

3.2 População e amostra

A população do estudo foi composta por toda a literatura relacionada ao tema de estudo indexada nos bancos citados anteriormente.

Quanto à amostra, os artigos foram selecionados a partir da variável de interesse, totalizando 18 artigos.

A seleção foi realizada a partir de leitura criteriosa dos artigos, teses e dissertações encontradas nas bases de dados, sendo selecionada apenas a literatura que atendia aos critérios de inclusão definidos neste estudo. Foram incluídas apenas as publicações que responderam à questão do estudo, publicadas no período de 2007 a 2019, no idioma português e inglês, já os critérios para exclusão do estudo compreenderam os artigos que fugiam ao tema tratado, as pesquisas publicadas antes do ano de 2007 e os artigos que apesar de tratar do tema abordado, eram confusos ou não relacionavam as variáveis abordadas, ou seja, não as delimitavam adequadamente.

3.3 Análise de dados

Após a coleta dos dados, foi feita a leitura de todo material e as principais informações foram compiladas. Posteriormente foi realizada uma análise descritiva das mesmas, buscando estabelecer uma compreensão e ampliar o conhecimento sobre o tema pesquisado e elaborar o referencial teórico.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Marcadores moleculares em plantas

Com o advento da amplificação do DNA, por meio do desenvolvimento da técnica de PCR, em meados da década de 1980, surgiu um grande número de marcadores moleculares. Houve assim, um impulso na geração de dados moleculares para diversas espécies e conseqüentemente aumentou muito a eficiência de detecção de polimorfismo em nível de DNA ou RNA (CAIXETA *et al.*, 2016).

Os recentes avanços na biologia molecular proporcionaram novas ferramentas que permitem avaliar questões evolutivas, ecológicas e taxonômicas. A variação da sequência de DNA pode ser analisada a um nível de precisão e rendimento que antes era improvável. A grande parte das variações de nucleotídeos, muitas vezes, não é visível ao nível fenotípico, portanto marcadores baseados em DNA têm muitas vantagens sobre marcadores fenotípicos, visto que, eles são herdáveis, de mais fácil detecção e não são afetados pelo ambiente (DURAN *et al.*, 2009).

Marcadores moleculares são macromoléculas ou segmentos de DNA, que apresentam polimorfismos identificáveis, encontrados em locais específicos do genoma, e que podem ser facilmente investigáveis e quantificados em um indivíduo ou população, transmitidos pelas leis padrão de herança. Portanto, são ferramentas extremamente úteis para analisar a variação genética, detectando polimorfismos. Os marcadores moleculares são largamente utilizados para realizar estudos de diversidade genética, mapeamento genético, estudos de associação marcador-fenótipo e em programas de seleção assistida (SEMAGN *et al.*, 2006).

Os principais tipos de marcadores moleculares de DNA podem ser classificados em dois grupos, conforme a metodologia utilizada para identificá-los: hibridização ou amplificação de DNA. Entre os identificados por hibridização estão os marcadores RFLP (“*Restriction Fragment Length Polymorphism*”) e Minissatélites ou locos VNTR (“*Variable Number of Tandem Repeats*”). Já aqueles revelados por amplificação incluem os marcadores do tipo: RAPD (“*Random Amplified Polymorphic DNA*”); SCAR (“*Sequence Characterized Amplified Regions*”) ou ASA (*Amplified Specific Amplicon*); Microssatélite (ou SSR - “*Simple Sequence Repeats*”); e AFLP (*Amplified Fragment Length Polymorphism*) (TURCHETTO-ZOLET *et al.*, 2017).

Sendo assim, existem vários tipos de marcadores moleculares disponíveis e que podem ser aplicáveis em diversas situações, diferenciando em seus princípios e metodologias: forma de detecção do polimorfismo, reprodutibilidade, abundância e distribuição no genoma. Por isso, torna-se necessária a realização de uma escolha cuidadosa do marcador, levando-se em conta as questões

biológicas que são de interesse para cada estudo (KALIA et al., 2010; BUSO et al., 2003; SEMAGN et al., 2006).

4.2 Marcadores moleculares microssatélites

Entre os marcadores moleculares, os microssatélites, conhecidos como repetições curtas em tandem (STRs) ou repetições de sequência simples (SSRs) têm uma grande importância no melhoramento genético vegetal, por possuírem elevado conteúdo informativo e por serem amplamente distribuídos no genoma (GUIMARAES et al., 2009).

Em relação a outros marcadores, o microssatélite apresenta diversas vantagens. Em comparação com RFLP tem um menor custo, menos laborioso, não demanda de radioatividade e geralmente é mais polimórfico. É mais robusto do que o RAPD e mais versátil do que AFLP (GUIMARAES et al., 2009).

Os microssatélites são sequências curtas, de 1 a 6 nucleotídeos, repetidas em *tandem* e flanqueadas por sequências altamente conservadas. As suas principais características são: alto grau de polimorfismo, codominância, variação multi-alélica e alta reprodutibilidade. Podendo classificá-los pelo tamanho, localização e tipo de unidade de repetição, denominados motivo de repetição, sendo capaz de repetir em 5 a 50 vezes (ELLEGREN, 2004).

De acordo com o número de nucleotídeos repetidos em *tandem*, os microssatélites podem ser classificados como: mononucleotídeos quando os motivos são compostos por apenas um nucleotídeo, como (G)_n, onde n é o número de repetições; dinucleotídeos quando os motivos são compostos por dois nucleotídeos, como (GA)_n, seguidos pelos trinucleotídeos (GAT)_n, tetranucleotídeos (GATA)_n, pentanucleotídeos (GATAC)_n e hexanucleotídeos (GATACA)_n (TAUTZ, 1989).

Segundo Goldstein e Scholotterer (1999), os microssatélites são organizados em quatro classes: perfeitos, imperfeitos, interrompidos e compostos. Sendo que repetições perfeitas são quando não existe nenhuma interrupção nos motivos de repetição, por nenhuma base diferente das que compõe seu motivo, já nas repetições imperfeitas observa-se interrupções por uma base diferente entre as repetidas. Nos microssatélites interrompidos outra sequência interrompe o microssatélite e por último, os microssatélites compostos são formados por duas ou mais sequências de repetições, que estão dispostas de forma adjacente.

Os SSR também são capazes de gerar informações relevantes para a identificação de unidades de conservação e para a investigação sobre processos genéticos que ocorrem em populações, como a diversidade genética de populações, padrões de fluxo gênico, incidência de

deriva genética e geração de vizinhança genética (HEYWOOD; IRIONDO, 2003). Além disso, fornecem um número de vantagens sobre os outros marcadores moleculares: (i) pequenas quantidades de DNA é necessária, (ii) vários alelos microssatélites podem ser detectados em um único loco a partir de uma simples PCR, (iii) a análise de detecção do alelo é passível de automatização e dimensionamento (SCHLÖTTERER, 2000, DURAN et al., 2009).

O polimorfismo é devido a diferentes números de repetições nas regiões de microssatélites. Portanto, podem ser facilmente e reprodutivamente detectados pela (PCR), que amplifica os locos em diferentes genótipos. Para a separação dos fragmentos amplificados necessita de géis de alta resolução, uma vez que estes diferem as bandas por poucos pares de base (ELLENGREN, 2004).

Em plantas, esses marcadores podem ser amplamente empregados em estudos de diversidade genética, filogenia, estrutura genética de populações naturais, conservação e uso de recursos genéticos, melhoramento vegetal, obtenção de mapas de ligação, identificação de loci associados a características importantes ao melhoramento, tanto de natureza qualitativa, quanto quantitativa (QTL). A grande vantagem dos SSRs é a facilidade de troca de informações entre laboratórios, visto que as sequências dos *primers* proporcionam uma linguagem comum e a identificação alélica é direta e objetiva (POWELL et al., 1996).

A identificação de marcadores SSR pode ser feita por meio da análise das bibliotecas de DNA. Existem, basicamente, dois tipos de bibliotecas gênicas: bibliotecas genômicas e bibliotecas de cDNA. Uma biblioteca genômica representa um conjunto de clones individuais, totalizando o genoma inteiro de um organismo. São utilizadas para a identificação de genes ou fragmentos de DNA específicos (PINTO, 2019). Esse método baseia-se no DNA genômico de alta qualidade e fragmentado usando enzimas de restrição. A escolha da enzima de restrição depende do comprimento médio desejado de fragmentos de DNA, da repetição de microssatélites a ser encontrada e do tipo de extremidades (coesivas ou contundentes) dos fragmentos de restrição. Então é realizada uma seleção dos fragmentos de DNA, preferencialmente fragmentos pequenos de 300 pb a 700 pb, onde dependendo da enzima de restrição utilizada, os fragmentos de DNA são inseridos em vetores de clonagem específicos e submetidos a uma triagem feita com sondas para a identificação das regiões microssatélites, as quais são sequenciadas para determinar sua extensão. Sendo o passo seguinte, a síntese dos *primers* específicos, construídos com base na sequência de pares de bases das regiões flangeadoras dos microssatélites (SCHÖTTERER, 1998; ZANE et al., 2002).

Enquanto a biblioteca de cDNA contém apenas os genes que codificam produtos proteicos, se diferenciando da biblioteca genômica por usar mRNA, que a partir da transcriptase reversa é

convertida em cDNA, sendo este tipo de biblioteca usada quando o intuito é gerar EST (*Expressed Sequence Tags*) (ZANE et al., 2002).

Este é um processo que demanda mão de obra qualificada e apresenta um custo relativamente alto, porém, o benefício ocorre pela praticidade e reprodutibilidade na utilização deste marcador que utiliza a técnica de PCR para avaliar o polimorfismo nos indivíduos e populações (CAIXETA et al., 2006).

4.3 Transferibilidade de marcadores microssatélites

Normalmente, marcadores microssatélites são desenvolvidos para uma espécie modelo, ou seja, uma espécie que já desperta interesse, para depois serem transferidos para espécies relacionadas de menor interesse econômico, uma vez que podem ocorrer os mesmos sítios microssatélites entre espécies relacionadas (WANG et al., 2009).

Uma alternativa para superar o desenvolvimento demorado e caro de um novo conjunto de primers SSR para uma espécie-alvo é realizar a transferibilidade dos *primers* SSR entre as espécies semelhantes, sendo um dos fatores que contribuem para que estes sejam muito utilizados em estudos de genética de populações (ZUCCHI et al., 2002; AGARWAL et al., 2008; SOARES et al., 2013; BARBARÁ et al., 2007).

O emprego da transferibilidade preenche uma demanda de trabalhos e recursos financeiros necessários ao desenvolvimento destes marcadores, minimizando custos e metodologias necessárias: construção de bibliotecas genômicas, clonagens e sequenciamentos para o isolamento de microssatélites e desenvolvimento dos *primers* (FERREIRA; GRATTAPAGLIA, 1998; ZUCCHI et al., 2002; WANG et al., 2009).

Se o desenvolvimento de iniciadores microssatélites para uma espécie necessita de alto investimento financeiro, trabalho e tempo, por outro lado é possível transferir iniciadores desenvolvidos podendo diminuir muito o custo e elevar a qualidade da pesquisa, gerando dados efetivos para a conservação de espécies naturais (BARBARÁ et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2006).

4.4 Análise e discussão

No quadro 1 estão apresentados os artigos utilizados para este estudo publicados nos últimos 12 anos em dissertações de mestrado, revistas científicas, jornais, livros e sites na língua portuguesa e inglesa, separados por transferibilidade dentro de gênero e transferibilidade dentro de família.

Quadro 1 - Descrição dos estudos incluídos na revisão de literatura, segundo título, gênero ou família, autores, ano de publicação e periódicos.

Título	Gênero / Família	Autores	Ano	Fonte
Transferibilidade de marcadores microssatélites para espécies silvestres de maracujazeiro.	Gênero	Silva et al.	2019	Repositório UFRA
Transferibilidade de marcadores microssatélites em espécies de <i>Passiflora</i> .	Gênero	Oliveira et al.	2010	Embrapa
Transferibilidade de locos SSR de <i>Astrocaryum aculeatum</i> Mart. Para <i>Astrocaryum murumuru</i> Mart.	Gênero	Fortes et al.	2014	Embrapa
Transferability and characterization of microsatellite markers in two Neotropical <i>Ficus</i> species	Gênero	Nazareno et al.	2009	Ncbi
Transferibilidade de primers microssatélites de <i>Miconia calvescens</i> DC. Para <i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana (MELASTOMATACEAE).	Gênero	Dickel.	2017	Repositório UFU
Transferibilidade e mapeamento de microssatélites entre <i>Theobroma cacao</i> L. e <i>Theobroma grandiflorum</i> (WILLD. EX. SPRENG.) Schum.	Gênero	Nascimento et al.	2019	Repositório UESC
Transferibilidade de locos microssatélites de <i>Bactris gasipaes</i> para <i>Astrocaryum vulgare</i> .	Família	Sanches e Oliveira.	2013	Embrapa
Transferibilidade de marcadores microssatélites de coco (<i>Cocos nucifera</i>) para butiá (<i>Butia odorata</i>).	Família	Mistura et al.	2012	Embrapa
Differential transferability of EST-SSR primers developed from the diploid species <i>Pseudoroegneria spicata</i> , <i>Thinopyrum bessarabicum</i> , and <i>Thinopyrum elongatum</i> .	Família	Wang, Larson e Jensen.	2017	Ncbi
Genome-Wide Identification and Transferability of Microsatellite Markers between Palmae Species	Família	Xiao et al.	2016	Ncbi
Transferibilidade de primers microssatélites de <i>Cucumis melo</i> para <i>Luffa cylindrica</i>	Família	Alves et al.	2009	Embrapa
Análise de transferibilidade de primers microssatélites de <i>Cucumis melo</i> para <i>Cucurbita moschata</i> e <i>Luffa cylindrica</i>	Família	Lobo et al.	2007	Embrapa
Transference of microsatellite markers from <i>Eucalyptus</i> spp to <i>Acca sellowiana</i> and the successful use of this technique in genetic characterization.	Família	Santos et al.	2007	Scielo
Transferability of simple sequence repeat (SSR) markers developed in guava (<i>Psidium guajava</i> L.) to four Myrtaceae species.	Família	Rai, Phulwaria e Shekhawat.	2013	Ncbi
Genome-wide development of microRNA-based SSR markers in <i>Medicago truncatula</i> with their transferability analysis and utilization in related legume species.	Família	Min et al.	2017	Ncbi
SSRs transferability and genetic diversity of three allogamous ryegrass species.	Família	Guo et al.	2016	NCBI
Transferibilidade de locos microssatélites desenvolvidos em outras espécies de palmeiras para <i>Astrocaryum vulgare</i> Mart.	Família	Fortes et al.	2016	Embrapa
Transferibilidade e variabilidade genética de marcadores microssatélites gênicos em <i>Eugenia klotzschiana</i> Berg (Myrtaceae)	Família	Siqueira.	2014	Repositório UFG

Fonte: Autoria própria, 2019.

4.4.1 Transferibilidade dentro de gênero

O resultado desse estudo tomou como base a relação de proximidade genética entre as espécies investigadas no que se refere à transferibilidade. Considerando os estudos realizados entre espécies do mesmo gênero, Silva *et al.* (2019) avaliaram a transferibilidade de *primers* desenvolvidos para *Passiflora edulis* e *P. alata* para as espécies *P. cincinnata*, *P. quadrangularis*,

P. mucronata, e *P. nitida*. Esses *primers* mostraram-se transferíveis para essas espécies com taxa variável, a qual foi de 33,33 % para *P. cincinnata*, 23,81 % para *P. quadrangulares*, 19,05 % para *P. mucronata* e 14,28 % *P. nitida*. Dois marcadores mostraram-se mais eficientes por serem os únicos capazes de amplificar todas as espécies de maracujá estudadas.

Também utilizando *primers* desenvolvidos para *P. edulis* para verificação da transferibilidade para outras espécies do gênero *Passiflora*, Oliveira *et al.* (2010) avaliaram 11 espécies (*P. caerulea* L., *P. cincinnata*, *P. foetida* L., *P. gibertti*, *P. ligularis*, *P. moliformis* L., *P. morifolia* L., *P. mucronata*, *P. setacea* DC., *P. suberosa* L. e *P. rubra* L.). O resultado demonstrou que todos os 21 locos foram transferidos para pelo menos uma das 11 espécies analisadas, porém, em taxas bastante diferenciadas. Verificou-se assim, que sete desses locos apresentaram alta taxa de transferibilidade para as espécies *P. caerulea* L., *P. cincinnata*, *P. foetida* L., *P. gibertti*, *P. ligularis*, *P. moliformis* L., *P. morifolia* L., *P. mucronata*, *P. setacea* DC., *P. suberosa* L. e *P. rubra* L. 33,33 % (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

No estudo realizado por Fortes *et al.* (2014), foram avaliados *primers* para dez locos desenvolvidos para *Astrocaryum aculeatum* em cinco amostras de DNA obtidas de matrizes de *A. murumuru* de diferentes procedências. As reações foram conduzidas e houve pequenas adaptações no protocolo para testar diferentes temperaturas de anelamento, com a finalidade de determinar a temperatura ótima de amplificação. Concluiu-se no estudo uma alta taxa de transferibilidade, que ao desenvolverem *primers* para quatorze locos microssatélites de *A. aculeatum*, observaram que doze seriam transferíveis para espécies do gênero *Astrocaryum*, dentre as quais, *A. murumuru*, e para outras espécies da família *Arecaceae*, sugerindo que as espécies possuem alto grau de parentesco, uma vez que todos os locos testados apresentaram amplificação satisfatória, perfazendo uma taxa de transferibilidade de 100%.

Nazareno *et al.* (2009) investigaram a transferibilidade entre espécies do mesmo gênero, tendo utilizado o gênero *Ficus*, a partir da utilização de *primers* desenvolvidos para *F. pharmacosyceae*, *F. sycomorus* e *F. urostigma*, os quais foram testados em relação a transferibilidade para *F. citrifolia* e *F. eximia*. Nesse estudo, 12 dos 15 pares de iniciadores testados (80 %) foram transferidos a ambas as espécies testadas (*F. citrifolia* e *F. eximia*), razão pela qual os autores concluíram ter ocorrido uma alta transferibilidade. Assim, confirmam a alta aplicabilidade geral dos *primers* microssatélites de *Ficus* a esse gênero. Esses marcadores estão sendo usados para investigar o impacto do desmatamento tropical na estrutura populacional e na diversidade genética em fragmentos florestais na Mata Atlântica *sensu lato*, onde *F. citrifolia* e *F. eximia* são nativas.

Através do estudo realizado por Dickel (2017), o potencial de transferibilidade de marcadores microssatélites de *Miconi calvecens* para *M. albican* foi avaliado. Os *primers*

desenhados para *M. calvences* podem ser usados como uma alternativa para o estudo da diversidade genética dessa espécie, uma vez que pertencem ao mesmo gênero. No estudo 20 indivíduos de *M. albicans* foram coletados e nove *primers* de *M. calvences* foram analisados sendo que oito amplificaram, mostrando um sucesso geral de 88 % de transferibilidade. O autor concluiu que os resultados foram promissores e de grande valia para utilização dos *primers* transferíveis em estudos de variabilidade e filogenia da família Melastomataceae.

Por fim, dentro do gênero *Theobroma*, das 22 espécies nativas da região amazônica, duas merecem destaque de produção no Brasil: *T. cacao* (cacaueiro) e *T. grandiflorum* (cupuaçuzeiro). Nascimento *et al* (2019) avaliaram 181 marcadores específicos do cacaueiro em indivíduos da população de cupuaçuzeiro e 44 marcadores específicos do cupuaçuzeiro em genótipos de cacaueiro. A taxa de transferibilidade foi diferenciada, com baixa taxa de transferibilidade dos marcadores de cacaueiro quando amplificados em cupuaçuzeiro (43,09 %), e uma alta taxa de transferibilidade dos marcadores de cupuaçuzeiro quando amplificados em cacaueiro (93,3 %). Isso demonstra que validações de *primers* de microssatélites devem ser realizadas especificamente para cada espécie, não sendo possível generalizar, mesmo sendo de um mesmo gênero.

4.4.2 Transferibilidade dentro de família

Sanches e Oliveira (2013) avaliaram a transferibilidade de locos microssatélites desenvolvidos para *Bactris gasipaes* em *Astrocaryum vulgare* que é uma palmeira de ampla distribuição geográfica. Dos oito iniciadores avaliados, sete amplificaram produtos e com boa resolução nas temperaturas de anelamento nos quais foram desenvolvidos, apresentando uma taxa de 87,5 % de transferibilidade. Esse alto valor de transferibilidade pode ser justificado pela maior proximidade evolutiva entre as duas espécies que pertencem à mesma família, Arecaceae, Tribo Cocoeae e ocorrência basicamente na mesma região.

Mistura *et al.* (2012) avaliaram a transposição de marcadores microssatélites desenvolvidos para o genoma de coco (*Cocos nucifera* L.) em butiá (*Butia odorata*), pertencentes a mesma subfamília (Arecoideae), mesma tribo (Cocoseae) e mesma subtribo (Attaleinae). Os autores avaliaram 50 pares de *primers* desenvolvidos para coco, dos quais 28 amplificaram, sendo que oito deles apresentaram bandas inespecíficas e não foram considerados na análise estatística. A transferibilidade dos *primers* de coco testados em butiá foi de 40 %, este percentual de transferibilidade pode ser variável dependendo das espécies em estudo. Os autores concluíram que os marcadores microssatélites desenvolvidos para o genoma de coco podem ser utilizados com sucesso para análises genéticas em butiá.

Analisando-se os resultados obtidos nos estudos realizados entre espécies da mesma subfamília, destacamos o estudo de transferibilidade entre espécies de uma mesma tribo, a Triticeae, pertencente à subfamília Pooideae (cereais como o trigo e a aveia), desenvolvido por Wang, Larson e Jensen (2017). Foram utilizados *primers* desenvolvidos para três espécies da tribo Triticeae (*Pseudoroegneria spicata*, *Thinopyrum bessarabicum* e *Thinopyrum elongatum*) e foi realizada a avaliação da transferibilidade entre essas espécies. Foram desenvolvidos 1.258 *primers* a partir dos três genomas investigados, os quais apresentaram taxas de transferibilidade que variaram de 47 a 87 %.

Em estudo, onde as espécies analisadas são pertencentes à mesma família, Xiao et al. (2016) realizaram estudo de transferibilidade entre espécies da família Palmae, cujos *primers* foram projetados para a espécie *Elaeis guineenses* e *Phoenix dactylifera* tendo sido utilizados para avaliar a transferibilidade entre outras 32 espécies de palmeiras dessa mesma família. Na realização desse experimento foram identificados 7.265 microssatélites conservados entre *E. guineenses* e *P. dactylifera*, com 135 pares de *primers* selecionados e validados por apresentarem alta transferibilidade, resultando num percentual de transferibilidade média de 73,7 %. A partir desses dados, demonstrou-se no estudo, que no futuro esses marcadores SSR identificados podem ser considerados ferramentas genéticas úteis para a conservação da diversidade em diferentes espécies da família Palmae.

Peixoto *et al.* (2009) analisaram a transferibilidade de *primers* microssatélites de melão (*Cucumis melo*) para bucha (*Luffa cylindrica*), que faz parte da família *Cucurbitaceae*, grupo vegetal que é formada por cerca de 118 gêneros e que contém em torno de 825 espécies. Foram testados 30 *primers* SSRs desenvolvidos para melão (*C. melo*) em acessos de bucha, sendo que, muitos amplificaram DNA de bucha e 18 *primers* foram otimizados, dos quais dois apresentaram polimorfismos com bandas bem definidas e outros quatro mostraram ser monomórficos com bandas também bem definidas. Os outros 12 *primers* testados serão novamente utilizados para a confirmação de monomorfismo, já constatada em corrida anterior, mas sem bandas bem nítidas. Esse resultado demonstra que existe potencial para utilização desses *primers* em programas de melhoramento e estudos de variabilidade genética.

Outra pesquisa também estudou a transferibilidade de *primers* microssatélites de melão (*C. melo*) para abóbora (*Cucurbita moschata*) e bucha vegetal (*L. cylindrica*). Esse estudo mostrou que espécies aparentadas (família *Cucurbitaceae*) podem possuir homologia das regiões que flanqueiam os SSR. Sendo que, dos 150 *primers* SSR desenvolvidos para melão e testados em reações de PCR para abóbora e bucha, 31,25 % mostraram-se promissores. Com esses resultados se tem a possibilidade de utilização desses marcadores para acesso ao polimorfismo de DNA,

reduzindo significativamente os custos e o tempo no desenvolvimento de novos marcadores (LOBO *et al.*, 2007).

Análise de transferibilidade entre espécies da mesma família foi realizado por Santos *et al.* (2007), tendo sido verificada a transferibilidade de *primers* desenvolvidos para *Eucalyptus spp* em uma espécie de goiaba (*Acca sellowiana*). Foram testados 404 *primers*, sendo que 44,5 % amplificaram produtos visíveis em *A. sellowiana*.

Nessa mesma perspectiva, Rai, Phulwaria e Shekhawat (2013) investigaram a transferibilidade de *primers* desenvolvidos para uma espécie de goiabeira, a *Psidium guajava L.*, aplicada a quatro espécies da mesma família, Myrtaceae, tendo sido investigadas duas espécies de eucaliptos (*Eucalyptus citriodora*, *E. camaldulensis*), maçarico (*Callistemon lanceolatus*) e cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*). Foram testados 23 locos, 18 (78,2 %) apresentaram amplificação cruzada para *E. citriodora*, 14 (60,8 %) em *E. camaldulensis* e 17 (73,9 %) em *C. lanceolatus* e *S. aromaticum*. Os autores identificaram elevados níveis de transferência entre os gêneros da espécie de goiabeira investigada com as demais espécies pesquisadas.

Utilizando-se marcadores desenvolvidos para a espécie *Medicago truncatula*, Min *et al.* (2017) testaram a transferibilidade em relação a seis espécies de leguminosas pertencentes à mesma família, a Fabaceae. Nesse estudo, foram avaliados 169 *primers* tendo obtido uma transferibilidade variável entre as espécies investigadas (74,56 % para *Medicago sativa*; 77,51 % para *Glycine max*; 89,35 % para *Vicia sativa*; 88,76 % para *Melilotus*; 90,53 % para *Lotus corniculatus* e 89,35 % para *Sophora alopecuroides*).

Dentro dos estudos com espécies pertencentes à mesma família, destaca-se ainda o estudo de Guo *et al.* (2016), onde foram investigados os marcadores desenvolvidos para a espécie *Festuca arundinace*, sendo avaliada a transferibilidade para três espécies de azevém (*Lolium rigidum*, *L. perenne* e *L. multiflorum*). Foram analisados 102 pares de *primers*, tendo sido obtida uma alta transferibilidade (100,0 %). Os autores atribuem essa transferibilidade a proximidade genética entre as espécies, pelas regiões de homologia serem bem conservadas entre essas espécies e por terem um ancestral comum.

Foi também investigada a transferibilidade entre espécies da mesma família utilizando marcadores desenvolvidos para espécies da família Aceraceae (*Bactris gasipaes*, *Phoenix dactylifera* e *Astrocaryum aculeatum*). A transferibilidade foi avaliada para uma espécie de tucumã-do-Pará (*Astrocaryum vulgare*). Dos 31 locos microssatélites, verificou-se uma transferibilidade de 100,0 % de *A. aculeatum* e de 75,0 % de *B. gasipaes*. Por outro lado, a espécie *P. dactylifera* demonstrou inviabilidade na transferibilidade (FORTES *et al.*, 2016).

Por fim, marcadores microssatélites desenvolvidos para *Eucalyptus* foram testados quanto a transferibilidade para o genoma de *Eugenia klotzschiana*, ambas as espécies da família Myrtaceae. De um total de 120 pares de *primers* testados, 67 (55,83 %) foram excluídos, por não apresentarem produtos de amplificação, 53 (44,16 %) verificaram produtos de amplificação cruzada, 42 (35 %) apresentaram muitos produtos inespecíficos de amplificação e foram descartados da análise. Assim, 11 (9,2 %) *primers* apresentaram um bom padrão de amplificação, portanto, a porcentagem de marcadores transferidos do genoma de espécies de *Eucalyptus* para o genoma de *E. klotzschiana*, está dentro do esperado, por se tratar de espécies de gêneros diferentes da mesma família botânica (SIQUEIRA, 2014).

Conforme Souza (2015), os marcadores SSR têm características codominantes, multialélicos, alto polimorfismo, são ideais em pesquisas para criação de mapas gênicos, variabilidade e confirmação de retrocruzamentos. Ressalta-se, conforme já evidenciado, que o uso deste tipo de marcador molecular é limitado, visto que são apenas disponíveis *primers* para espécies com expressão comercial, o que reforça a importância na execução de estudos com espécies com menor interesse comercial.

Conforme apontado na literatura, a transferibilidade de microssatélites em plantas é bem sucedida, principalmente quando ocorrem entre espécies do mesmo gênero, reduzindo o sucesso quando ocorrem entre gêneros distintos. No quadro 2 estão apresentados os artigos utilizados, com a identificação do gênero ou da família, e suas respectivas porcentagens de transferibilidade.

Dentro de espécies de uma mesma família, a transferibilidade média obtida nos estudos pesquisados foi de 59,8 %. Para espécies dentro de um mesmo gênero, por sua vez, verificou-se uma transferibilidade maior, cuja média dos estudos investigados foi de 65,4 %. Além disso, diversos fatores, como o tamanho, a complexidade do genoma e se estes pertencem ou não a regiões codificantes, influenciam para uma transferência bem sucedida.

A transferibilidade dos marcadores depende do grau de parentesco genético entre as espécies analisadas e a possibilidade de transferência de *primers* pode agilizar estudos e reduzir custos de construção de *primers* específicos, entretanto, existem mais estudos relacionados à transferibilidade dentro de famílias do que dentro de gênero.

Quadro 2 – Porcentagem de transferibilidade (%) de *primers* microssatélites de acordo com o estudo, família e gênero.

Título	Gênero/ Família	%
Transferibilidade de marcadores microssatélites para espécies silvestres de maracujazeiro.	Gênero	22,6
Transferibilidade de marcadores microssatélites em espécies de <i>Passiflora</i> .	Gênero	33,3
Transferibilidade de locos SSR de <i>Astrocaryum aculeatum</i> Mart. Para <i>Astrocaryum murumuru</i> Mart.	Gênero	100,0
Transferability and characterization of microsatellite markers in two Neotropical <i>Ficus</i> species	Gênero	80,0
Transferibilidade de primers microssatélites de <i>Miconia calvescens</i> DC. Para <i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana (MELASTOMATACEAE).	Gênero	88,0
Transferibilidade e mapeamento de microssatélites entre <i>Theobroma cacao</i> L. e <i>Theobroma grandiflorum</i> (WILLD. EX. SPRENG.) Schum.	Gênero	68,2
Transferibilidade de locos microssatélites de <i>Bactris gasipaes</i> para <i>Astrocaryum vulgare</i> .	Família	87,5
Transferibilidade de marcadores microssatélites de coco (<i>Cocos nucifera</i>) para butiá (<i>Butia odorata</i>).	Família	40,0
Differential transferability of EST-SSR primers developed from the diploid species <i>Pseudoroegneria spicata</i> , <i>Thinopyrum bessarabicum</i> , and <i>Thinopyrum elongatum</i> .	Família	47,0
Genome-Wide Identification and Transferability of Microsatellite Markers between Palmae Species	Família	73,7
Transferibilidade de primers microssatélites de <i>Cucumis melo</i> para <i>Luffa cylindrica</i>	Família	40,0
Análise de transferibilidade de primers microssatélites de <i>Cucumis melo</i> para <i>Cucurbita moschata</i> e <i>Luffa cylindrica</i>	Família	31,3
Transference of microsatellite markers from <i>Eucalyptus</i> spp to <i>Acca sellowiana</i> and the successful use of this technique in genetic characterization.	Família	44,5
Transferability of simple sequence repeat (SSR) markers developed in guava (<i>Psidium guajava</i> L.) to four Myrtaceae species.	Família	71,7
Genome-wide development of microRNA-based SSR markers in <i>Medicago truncatula</i> with their transferability analysis and utilization in related legume species.	Família	85,0
SSRs transferability and genetic diversity of three allogamous ryegrass species.	Família	100,0
Transferibilidade de locos microssatélites desenvolvidos em outras espécies de palmeiras para <i>Astrocaryum vulgare</i> Mart.	Família	87,5
Transferibilidade e variabilidade genética de marcadores microssatélites gênicos em <i>Eugenia klotzschiana</i> Berg (Myrtaceae)	Família	9,2

Fonte: Autoria própria, 2019.

3 CONCLUSÃO

Considerando os objetivos da revisão, relativos à transferibilidade de *primers* entre espécies vegetais, o estudo mostrou que embora a transferibilidade seja maior dentro de gênero do que dentro de família, nos dois casos as informações geradas podem auxiliar programas de conservação, melhoramento genético e pesquisas utilizando marcadores microssatélites.

Dessa forma, a transferibilidade oferece possibilidade de utilização de *primers* desenvolvidos para espécies relacionadas, diminuindo o custo e o tempo, com aplicação prática em análises genéticas de espécies ainda pouco estudadas.

Entretanto, observou-se que há a necessidade de mais estudos sobre o conteúdo abordado, pois, é um campo bem abrangente e multifatorial, no qual novos estudos poderão retratar resultados semelhantes ou diferenciados proporcionando maior discussão sobre o assunto.

Conclui-se assim, que o emprego da transferibilidade representa um recurso de grande importância na pesquisa científica, contribuindo para o desenvolvimento do conhecimento científico, especialmente para espécies de menor interesse econômico.

REFERÊNCIAS

- AGARWAL, M.; SHRIVASTAVA, N.; PADH, H. Advances in molecular marker techniques and their applications in plant sciences. **Plant Cell Reports**, p. 617–631, 2008.
- BARBARÁ, T. et al. Cross-species transfer of nuclear microsatellite markers: potential and limitations. **Molecular Ecology**, Oxford, v. 16, p. 3759–3767, 2007.
- BOMBONATO, J. R.; BONATELLI, I. A. S.; SILVA, G. A. R.; MORAES, E. M.; ZAPPI, D. C.; TAYLIOR, N. P.; FRANCO, F. Cross-genera SSR transferability in cacti revealed by a case study using *Cereus* (Cereaceae, Cactaceae). **Genetics and Molecular Biology**, v. 42, n. 1, p. 87-94, 2019.
- BOTELHO, L. L. R.; CUNHA, C. C. A.; MACEDO, M. **O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais**. Gestão e Sociedade. Belo Horizonte, v.5, n. 11, p. 121-136, 2011.
- BUSO, G.S.C.; CIAMPI, A.Y.; MORETZHON, M.C.; AMARAL, Z.P.S.; BRONDANI, R.V. Marcadores microssatélites em espécies vegetais – Desenvolvimento e caracterização de marcadores microssatélites em espécies vegetais tropicais. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, n. 30, p. 46-50, 2003.
- CAIXETA, E.T.; OLIVEIRA, A.C.B.; BRITO, G.G.; SAKIYAMA, N.S. Tipos de marcadores moleculares. In: BORÉM, A.; CAIXETA, E.T. (Eds.). **Marcadores moleculares**. Viçosa: Editora UFV, 2016. p. 9-93.
- CARVALHO, S.I.C. et al. Transferability of microsatellite markers of *Capsicum annum L.* to *C. frutescens L.* and *C. chinense Jacq.* **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 14, n. 3, p. 7937-7946, jul. 2015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26214475>>. Acesso em: 11 nov. 2019.
- CLARICE MISTURA, Claudete *et al.* **Transferibilidade de marcadores microssatélites de coco (*Cocos nucifera*) para butiá (*Butia odorata*)**. [S. l.], 2012. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/966416/1/RosaLia13Artigo1012Claudeterevisad01.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2019.
- COSTA M.R. et al. Transferibilidade de iniciadores microssatélites de açázeiro (*Euterpe oleracea*) para dendezeiro (*Elaeis guinensis*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS, 2., 2012. **Anais...** Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Recursos Genéticos, 2012.

Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/77055/1/431.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2019.

DICKEL, G. S. M. **Transferibilidade de primers microssatélites de *Miconia calvescens* DC para *Miconia albicans* (Sw.) Triana (Melastomataceae)**. 2017. 27 f. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

DURAN, C.; APPLEBY, N. EDWARDS, D.; BATLEY. Molecular Genetic Markers: Discovery, Applications, Data Storage and Visualisation. **Current Bioinformatics**, v. 4, p. 16-27, 2009.

ELLEGREN, H. Microssatélites: sequências simples com evolução complexa. **Nature Reviews Genetics**, v.5, p. 435-445. 2004.

ELLIS, J.R., BURKE, J M. EST-SSRs as a resource for population genetic analyses. **Heredity**, v. 99, p.125–132, 2007.

FERREIRA, M. E. & GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética**. 3.ed. Brasília: Embrapa. 1998.

FERREIRA, R. C. U.; CHIARI, L.; SOUZA, A. P. Transferibilidade de marcadores microssatélites entre espécies do gênero *Urochloa*. In: Workshop Melhoramento Vegetal, 2. 2016. **Anais...** Campo Grande: Embrapa, 2016.

FORTES, A. C. R.; OLIVEIRA, M. S. P.; OLIVEIRA, N. P.; SANCHES, E. N. M.; CUNHA, E. F. M. Transferibilidade de locos microssatélites desenvolvidos em outras espécies de palmeiras para *Astrocaryum vulgare* Mart. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 59, n. 1, p. 80-86, jan./mar. 2016.

FORTES, A. C. R.; OLIVEIRA, M. S. P.; OLIVEIRA, N. P.; SILVA, I. C. Transferibilidade de locos SSR DE *Astrocaryum aculeatum* Mart para *Astrocaryum murumuru* Mart. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 18., 2014. **Anais...** Embrapa: Belém, 2014.

GOLDSTEIN, D. B.; SCHLOTTER, C. **Microsatellites: Evolution and Applications**. New York: Oxford University Press, 1999.

GUIMARÃES, C.T. et al. Marcadores moleculares e suas aplicações no melhoramento genético. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 30, n. 253, nov./dez. 2009. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/580256/1/Marcadoresmoleculares1.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2019.

GUO, Z-H. et al. Transferibilidade de SSRs e diversidade genética de três espécies de azevém alógamos. **Comptes Rendus Biologies**, n. 339, p. 60-67, 2016. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>>. Acesso em: 11 nov. 2019.

HEYWOOD, V. H.; IRIONDO, J. M. Plant conservation: old problems, new perspectives. **Biological Conservation**, v. 113, n. 3, p. 321-335, 2003.

HUANG, L. et al. Characterization and Transferable Utility of Microsatellite Markers in the Wild and Cultivated *Arachis Species*. **Plos One**, p. 1-15, mai. 2016.

- KALIA, R. J. et al. Microsatellite markers: an overview of the recent progress in plants. **Euphytica**, v. 177, p.309–334, 2010.
- KO, Y. Z. et al. Screening transferable microsatellite markers across genus *Phalaenopsis* (Orchidaceae). **Botanical Studier**, p. 1-9, 2017.
- LEITE, T.L. et al. Análise de transferibilidade de primers microssatélites de Cucumis melo para Cucurbita moschata e Luffa cylindrica. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, n. 203, 2007. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/189411/1/bp203.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2019.
- MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2007. p. 315
- MIRANDA, E.A.G.C. et al. Validation of EST-derived microsatellite markers for two Cerrado-endemic *Campomanesia* (Myrtaceae) species. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, n. 1, 2016.
- MIN, X. et al. **Desenvolvimento em todo o genoma de marcadores SSR baseados em microRNA em Medicago truncatula com sua análise de transferência e utilização em espécies relacionadas de leguminosas**. 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29156589>. Acesso em: 14 dez. 2019.
- MISTURA, C. et al. Transferibilidade de marcadores microssatélites de coco (*Cocos nucifera*) para butiá (*Butia odorata*). **Magistra**, Cruz das Almas-BA, v. 24, n. 4, p. 360-369, out./dez. 2012. Disponível em: <[https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/966416/1/RosaLia13Artigo1012Claudeterevisa do1.pdf](https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/966416/1/RosaLia13Artigo1012Claudeterevisa%20do1.pdf)>. Acesso em: 11 nov. 2019.
- MOE, K.T., et al. Desenvolvimento de marcadores SSR para o estudo da diversidade no gênero *Cymbidium*. **Bioquímica Sistemática e Ecologia**, n. 38: 585-594, 2007.
- NASCIMENTO, Analine dos Santos et al. **TRANSFERIBILIDADE E MAPEAMENTO DE MICROSSATÉLITES ENTRE *Theobroma cacao* L. E *Theobroma grandiflorum* (WILLD. EX. SPRENG.) SCHUM.** 2019. Disponível em: <DOI: 10.21757/0103-3816.2019v31n2p85-102>. Acesso em: 11 nov. 2019.
- NATALICE DE SIQUEIRA, Mariana. **TRANSFERIBILIDADE E VARIABILIDADE GENÉTICA DE MARCADORES MICROSSATÉLITESGÊNICOS EM *Eugenia klotzschiana* BERG (MYRTACEAE)**, 2014. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br>. Acesso em: 11 nov. 2019.
- NAZARÉ MS, Eliciany; SOCORRO PO, Maria. **Transferibilidade de Locos Microssatélites de *Bactris gasipaes* para *Astrocaryum vulgare***, 2013. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/971870/1/p3292.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2019.
- NAZARENO, A. G.; PEREIRA, R. A. S.; FERES, J. M.; MESTRINER, M. A.; ALZATE-MARIN, A. L. Transferability and characterization of microsatellite markers in two Neotropical *Ficus* species. **Genetics and Molecular Biology**, v. 32, n. 3, p. 568-571, 2009.

OLIVEIRA, E.J. et al. Origin, evolution and genome distribution of microsatellites. **Genetics and Molecular Biology**, v. 29, p. 294-307, 2006.

OLIVEIRA, G.A.F. et al. Transferibilidade de marcadores microssatélites em espécies de *Passiflora*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 21., 2010. **Anais...** Natal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2010

PEIXOTO, A.P. et al. Transferibilidade de primers microssatélites de *Cucumis melo* para *Luffa cylindrica*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 5., 2009. **Anais...** Vitória: Incaper, 2009. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/17696/1/Aldete.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2019.

PINTO, N. C.. **Tecnologia do DNA Recombinante**. 2019. Disponível em: http://www2.iq.usp.br/docente/nadja/QBQ3401_aula9.pdf. Acesso em: 14 dez. 2019.

POWELL, W.; MACHRAY, G.C.; PROVAN, J. Polimorfismo revelado por simples repetições de sequência. **Ciência de Plantas**, Oxford, n. 7, v. 1, p. 215-222, 1996.

RAI, M. K.; PHULWARIA, M.; SHEKHAWAT, N. S. Transferability of simple sequence repeat (SSR) markers developed in guava (*Psidium guajava* L.) to four Myrtaceae. **Molecular Biology Reports**, v, 40, p. 5067-5071, 2013.

SANCHES, E. et al. **Transferibilidade de Locos Microssatélites de *Bactris gasipaes* para *Astrocaryum vulgare***. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 7., 2013, **Anais...** Viçosa, MG: SBMP, 2013. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/971870/1/p3292.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2019.

SANTOS, K. L. et al. Transference of microsatellite markers from *Eucalyptus* spp to *Acca sellowiana* and the successful use of this technique in genetic characterization. **Genetics and Molecular Biology**, v. 30, n. 1, p. 73-79, 2007.

SCHLÖTTERER, C. Evolutionary dynamics of microsatellite DNA. **Chromosoma**, v.109, n.6, p. 365-371, 2000.

SCHLÖTTERER, C. Microsatellites. In: Hoelzer, A. R. **Analysis of populations: a practical approach**. 2. ed. Oxford: Univ. Press, p.237-261, 1998.

SEMAGN, K.; BJØRNSTAD, A.; NDJIONDJOP, M. N. An overview of molecular marker methods for plants. **Afr. J. Biotechnol.**, v.5, n.25, p.2540-2568, 2006.

SILVA, C.W. **Validação de primers microssatélites para *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg**. 25 f. Monografia (Bacharelado em Biotecnologia) – Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2019.

SILVA, D.G.V; TRENTINI, M. Narrativas como técnica de pesquisa em enfermagem. **Revista Latino-americana de enfermagem**. v.10, n.3, Maio/Junho 2002.

SILVA, L. P. et al. Transferibilidade de marcadores microssatélites para espécies silvestres de maracujazeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 62, p. 1-6, 2019.

- SILVA, R. A. et al. Genome size, cytogenetic data and transferability of EST-SSRs markers in wild and cultivated species of the genus *Theobroma* L. (Byttnerioideae, Malvaceae). **Plos One**, p. 1-15, fev. 2017.
- SIQUEIRA, M.N. **Transferibilidade e variabilidade genética de marcadores microsatélites gênicos em *Egenia klotzschiana* Berg (Myrtaceae)**. 2014. 81f. Dissertação (Mestrado em Genética e Biologia Molecular) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014. <Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br>>. Acesso em: 11 nov. 2019
- SOARES, T. N. et al. Transferibilidade e caracterização de locos microsatélites em *Anacardium humile* A. St. Hil. (Anacardiaceae). **Genetics and Molecular Research**, v. 12, p. 3146-3149, 2013.
- SOUZA, D.C.L. Técnicas moleculares para caracterização e conservação de plantas medicinais e aromáticas: uma revisão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v.17, n.3, p.495-503, 2015.
- SUN, Y. et al. Desenvolvimento, caracterização e transferibilidade de marcadores para *Kirengeshoma palmata* (Hydrangeaceae). **American Journal of Botany, Lancaster**, v. 1, p. 48-51, 2010.
- TAUTZ, D. Hypervariability of Simple Sequences as a General Source for Polymorphic DNA Markers. **Nucleic Acids Research**, n. 17, p. 6463-6471, 1989.
- TRENTINI, M.; PAIM, L. **Pesquisa em enfermagem: uma modalidade convergente-assistencial**. Florianópolis: Ed. UFSC, 1999.
- TURCHETTO-ZOLET, A. et al. **Marcadores moleculares na era genômica: metodologias e aplicações**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 2017. Ebook.
- WANG, RR.; LARSON, SR.; JENSEN, KB. **Transferibilidade diferencial de iniciadores EST-SSR desenvolvidos a partir das espécies diplóides *Pseudoroegneria spicata*, *Thinopyrum bessarabicum* e *Thinopyrum elongatum***. 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28235186>. Acesso em: 14 dez. 2019.
- WANG, X. A new electrophoresis technique to separate microsatellite alleles. **African Journal of Biotechnology**, n. 8: 2432-2436, 2009.
- XIAO, Y. et al. Genome-Wide identification and transferability of microsatellite markers between *Palmae* Species. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 1-10, out. 2016.
- ZANE, L. BARGELLONI, L., PATARNELLO, T., Strategies for microsatellite isolation: a review. **Molecular Ecology**, v. 11, n.1, p. 1–16, 2002.
- ZUCCHI, M.I. **Análise da estrutura genética de *Eugenia dysenterica* DC utilizando marcadores RAPD e SSR**. 2002, 148f. Tese (Doutorado em Agronomia: Genética e Melhoramento de Plantas) Escola Superior Luiz de Queiroz, ESALQ, Piracicaba, 2002.