



Inovação e Biotecnologia na Biodiversidade do Cerrado

Hamilton Barbosa Napolitano ¹
Dulcinea Maria Barbosa Campos ²
Wesley Fonseca Vaz ³
Francisco Leonardo Tejerina Garro ⁴

RESUMO:

A biotecnologia e a inovação biotecnológica exercem um papel importante e fundamental na vida cotidiana das pessoas e na economia dos países. A investigação dos processos ambientais através dos mecanismos da interação entre biodiversidade e ambiente, por meio da biotecnologia molecular estrutural, é uma metodologia capaz de ampliar o entendimento das propriedades dos compostos e direcionar a obtenção de novos produtos. A quantificação da biodiversidade do Cerrado com potencial uso em biotecnologia, realizada a partir da literatura disponível, indica 151 espécies, oriundas principalmente de plantas e microrganismos. Existe um amplo campo na geração de conhecimento de base em se tratando da biodiversidade do Cerrado, visto a reduzida quantidade de espécies avaliadas pela comunidade científica em relação ao total da biodiversidade estimada, que podem ser utilizados em biotecnologia e assim estimular a inovação nesta área do conhecimento.

Palavras-Chave: Biodiversidade; Biotecnologia; Microrganismos.

¹ Centro Universitário de Anápolis, Anápolis, GO. Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO. hbnapolitano@gmail.com

² Centro Universitário de Anápolis, Anápolis, GO. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO. dulcinea@unievangelica.edu.br

³ Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Lucas do Rio Verde, MT. wesfonseca@gmail.com

⁴ Centro Universitário de Anápolis, Anápolis, GO. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, GO. franciscoltg@hotmail.com

A biotecnologia e a inovação biotecnológica exercem um papel importante e fundamental na vida cotidiana das pessoas e na economia dos países. Neste contexto é difícil pensar o desenvolvimento sustentável do mundo contemporâneo sem a presença da biotecnologia e dos seus impactos. Importantes instituições transnacionais, como o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas, têm discutido Ciência, Tecnologia e Inovação e seus impactos na economia do século 21 (Teece 1986, Almeida et al. 2014, Carvalho et al. 2016, Vaz et al. 2016). No Brasil, várias ações, envolvendo diversas instituições, têm sido realizadas nesta direção. Dentre elas, destacam-se o Plano Brasil Maior do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e a criação da Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii). No âmbito dos estados, as respectivas fundações de amparo à pesquisa têm fomentado ações e políticas nesta direção. A inovação em biotecnologia inclui a apropriação de um novo produto ou processo pelo mercado. Ela compreende, também, as atividades internas e externas de pesquisa e desenvolvimento, e a apropriação desse conhecimento específico pelo setor produtivo. Pode ser vista ainda como sinônimo de geração de riqueza, especialmente para os segmentos produtivos.

Cabe destacar que a inovação não exclui uma relação de busca com o conhecimento consolidado e não se dá fora da compreensão e da construção do estado da arte do conhecimento específico. Nesse sentido, é necessário considerar que a biotecnologia compreende elementos essenciais (propriedade intelectual, criatividade, imaginação, competência tecnológica, visão de mercado, entre outros) que impedem a redução da biotecnologia a serviços biotecnológicos limitados à apropriação de ideias acabadas ou de projetos de parques tecnológicos em condomínios de empresas de base tecnológica.

Entretanto, ao abordar a inovação e a biotecnologia é necessário considerar as fontes primárias dos mesmos, entre as quais se encontra a biodiversidade. Nesse aspecto, o Brasil é considerado um país *megadiverso* (Mittermeier et al. 2005), levando em consideração as diferentes espécies presentes no seu espaço geográfico – que inclui o bioma Cerrado. Entretanto, as abordagens para determinar o quanto da biodiversidade deste referido bioma é utilizada em biotecnologia e em inovação são escassas. Contudo, considerando Funari & Ferro (2005), a *megadiversidade* coloca o Brasil em condições de ocupar uma posição de destaque no cenário internacional em termos de biotecnologia. Nesta direção, este artigo objetiva abordar aspectos da inovação em biotecnologia, para posteriormente considerar o uso do método cristalográfico como instrumento na *avaliação* e na *descrição* da biotecnologia oriunda da biodiversidade do Cerrado, para finalmente quantificar o uso desta biodiversidade do referido bioma, com foco em biotecnologia.

INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO

Um exemplo em inovação e desenvolvimento é o do Centro de Biotecnologia Molecular Estrutural, do Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo, que tem como diretriz a busca pela inovação por meio das seguintes etapas (Guido et al. 2010): (i) pesquisa básica; (ii) pesquisa básica direcionada ao setor produtivo; (iii) pesquisa aplicada; e (iv) inovação tecnológica. Fica evidente, portanto, que a inovação biotecnológica não prescinde do conhecimento básico. Assim, as atividades de inovação tecnológica englobam a pesquisa em ciências básicas e aplicadas visando obter novas aplicações inovadoras, a instalação de novos processos, sistemas e serviços, e, ainda, a melhora substancial do que já existe ou está instalado.

Várias instituições brasileiras atuam expressivamente no contexto da inovação tecnológica, e suas trajetórias também podem ajudar a pensar em ações desafiadoras de inovação no âmbito brasileiro. Entretanto, é difícil encontrarmos esse ambiente fora dos espaços estabelecidos nos programas de pós-graduação *stricto sensu*, onde é comum encontrarmos a maturidade adequada e a competência necessária para direcionar a pesquisa fundamental às demandas da biotecnologia, sem abrir mão do rigor científico. Nesse contexto, a interlocução com a inovação é guiada com a adequada sensibilidade e foco na pesquisa básica direcionada, que se torna pesquisa aplicada. Nesse ponto o rigor acadêmico, celebrado na pesquisa básica, ganha importância quando a pesquisa aplicada se converte em inovação. Outro ponto que merece uma reflexão é a temporalidade própria dessas ações. Apesar da inovação tecnológica estar fortemente vinculada à lógica do mercado, e aos controles, regras e prazos dela decorrentes, as etapas precedentes estão fortemente vinculados à academia, ao rigor, ao procedimento acadêmico e à qualidade – todos necessários à credibilidade requerida. Aparentemente antagônicos, tanto as etapas iniciais, dominadas pelo ócio criativo, quanto as etapas finais, dominadas pelo negócio do mercado, são essenciais e constitutivos no ofício de inovar. Do contrário, se reduz a inovação a serviços técnicos divorciados da pesquisa.

Cabe ainda destacar que pesquisa científica não está necessariamente vinculada aos cursos de pós-graduação, porém seria desonesto não reconhecer que fora destes ambientes é incomum uma pesquisa com o vigor suficiente para alcançar a inovação. A aproximação dos elementos essenciais nas trajetórias *inovativas* com programas de inovação reduz o descompasso entre a concentração do elevado grau de competência científica e a competência inovativa.

- ***Biotecnologia Molecular Estrutural***

A investigação dos processos ambientais através dos mecanismos da interação entre *biodiversidade* e *ambiente*, por meio da biotecnologia molecular estrutural, é uma metodologia capaz de

ampliar o entendimento das propriedades dos compostos e direcionar a obtenção de novos produtos, em potencial, que tenham uma importância socioeconômica (Yuriev & Coote 2011). Dentro da biodiversidade, destaca-se a biodiversidade molecular, que pode ser entendida em dois níveis, quais sejam, o químico e o estrutural, esse último o mais amplo (Singh & Pelaez, 2008). Nessa investigação, o alinhamento entre as propriedades, na relação com a atividade, nos permite inferir sobre os produtos ambientais. Nessa biodiversidade molecular, existe uma gama de compostos que apresentam uma relação entre estrutura-atividade e as *chalconas* surgem como uma classe relevante, pois elas têm sido objeto constante de estudos em processo ambientais diversos (Rani, Jain & Gautam 2012).

O método cristalográfico objetiva a construção de estruturas moleculares a partir da difração dos raios X por amostras sólidas cristalinas (Almeida et al. 2014). O conhecimento estrutural leva ao entendimento do ambiente molecular, da conformação e dos vínculos existentes entre esta molécula e seus múltiplos vizinhos. O entendimento desse arranjo supramolecular é um importante fundamento para descrição das propriedades biotecnológicas e entendimento das peculiaridades e potenciais riscos físico-químicos, por exemplo de princípios ativos produzidos por diversos tipos de organismos.

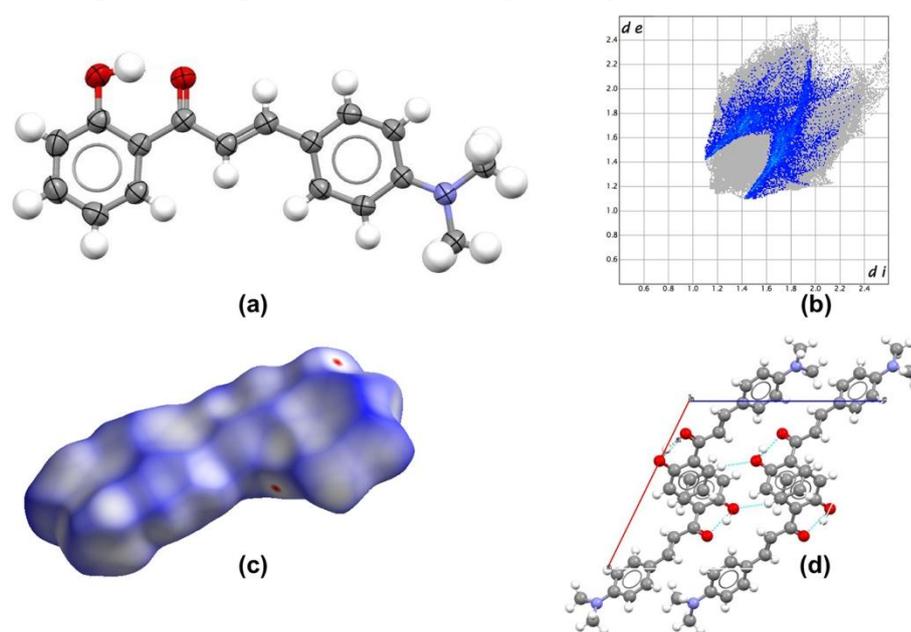
A estrutura cristalina $\rho(\mathbf{r})$ e o padrão de difração $F(\mathbf{h})$ estão relacionados entre si pelo procedimento matemático da transformada de Fourier (Giacovazzo et al. 2002, Clegg 2009, Stout & Jensen 1989). O padrão de difração de um cristal é a análise de Fourier da estrutura cristalina, correspondendo ao padrão das ondas espalhadas por um feixe de raios X incidente em uma amostra cristalina. Por sua vez, a estrutura cristalina é a síntese de Fourier do padrão de difração e é expresso em termos da distribuição de densidade eletrônica concentrada em átomos (Glusker & Trueblood 2010). Essa não é possível ser medida por nenhum método direto, devido a limitações conceituais, fundamentados na incompatibilidade do olho humano em enxergar no comprimento de onda da grandeza atômica da matéria, não seria possível desenvolver, por exemplo, um microscópio ótico com tal resolução, também não pode ser obtido diretamente por cálculos porque as fases relativas das ondas são desconhecidas. Porém, o padrão de difração pode ser medido pelo experimento de difração de raios X. Durante o experimento, são obtidas as amplitudes por medidas diretas das intensidades considerando um número de correções (Hammond 2009, Glusker & Trueblood 2010, Stout & Jensen 1989). O fator estrutura e a função de densidade eletrônica estão relacionados pela Equação (1):

$$\rho(\mathbf{xyz}) = \frac{1}{V} \sum_{hkl} F_{hkl} \exp[-2\pi i(hx + ky + lz)] \quad (1)$$

Na equação da densidade eletrônica, V é o volume da cela unitária e $F(hkl)$ é o fator de estrutura na forma complexa, sendo seu módulo $|F(\mathbf{h})|$ proporcional à intensidade da reflexão medida para direção hkl . A quantidade xyz corresponde a posição do átomo.

A biodiversidade molecular implica na biodiversidade da simetria, da conformação, do arranjo supramolecular, entre outros descritores utilizados no entendimento estrutural dessas biomoléculas. Outro conceito importante é a *biovariedade* molecular, também associado a variedade da simetria e da existência dos múltiplos conformêros de uma mesma molécula. O método cristalográfico pode ser empregado, por exemplo, no estudo dos flavonóides, que são compostos presentes numa grande variedade de produtos naturais, tais como flores, frutas e vegetais. Dentre os flavonóides existentes, a subfamília das chalconas (Figura 1) mostra-se de grande importância por causa das suas muitas propriedades biotecnológicas (Sancho et al. 2016).

Figura 01. Representações Cristalográficas para Chalconas.



Fonte: Os Autores.

(a) diagrama ORTEP dos elipsóides a nível de probabilidade de 50%; (b) Fingerprint representando as interações totais O---H; (c) Superfície de Hirshfeld d_{norm} , em vermelho, regiões de interação forte e em branco e azul, regiões de interação fraca; (d) Contatos curtos (Short Contacts) intermoleculares que levam ao empacotamento molecular, visto ao longo do eixo b.

Chalconas, ou 1,3-diaril-2-propan-1-ona, são compostos orgânicos que pertencem à família dos flavonóides, são abundantes na natureza e de fácil síntese em laboratório. Quimicamente, elas apresentam uma cadeia aberta no qual dois anéis aromáticos estão unidos por um sistema carbonil α,β -insaturado (Rozmer & Perjési 2014). Existem diversas aplicações das chalconas em processos e

produtos ambientais, descritos na literatura, que serão abordados a seguir. Rozmer & Perjési (2014) fizeram uma revisão ao abranger a fotoquímica e a atividade biológica de chalconas naturais mostrando o potencial da pesquisa com esses compostos nos campos da farmacobotânica, biotecnologia e estudos medicinais. Yang et al. (2015) trabalharam em uma chalcona que, complexada ao íon Fe^{3+} , demonstrou potencial de aplicação em processos ambientais visto que esse complexo permite a detecção seletiva de íons cianeto em sistemas aquosos, tais íons apresentam elevada toxicidade no meio ambiente.

Velmurugan et al. (2014) sintetizaram um sensor de fluorescência, baseado em uma chalcona, capaz de remover por completo, com auxílio de uma membrana de separação adequada, o íon Fe^{3+} de amostras de águas. Mahajan et al. (2015) utilizaram um agregado de chalcona combinado com o íon Al^{3+} para desenvolver um método fluorimétrico para determinação desse íon em amostras de água. Begum et al. (2011) sintetizaram uma série de análogos de chalconas e alguns de seus derivados no intuito de estudar sua atividade larvicida frente o *Culex quinquefasciatus* (associado à elefantíase). Hoerger et al. (2009) estudaram métodos analíticos para determinação de chalconas no estudo de fitotoxinas naturais em matrizes ambientais como água de superfícies, efluentes de tratamento de água, solo, entre outras. Caboni et al. (2016) concluíram em um estudo que a utilização de chalconas pode levar à descoberta de novos compostos nematocidas que apresentam uso potencial, como ingredientes ativos, no manejo de culturas. Powers & Setzer (2016) realizaram estudos de *docking* molecular em estruturas fotoquímicas que possuíam alvos de proteínas do vírus da dengue e as chalconas se mostram como um dos grupos que mais fortemente se ligam nos alvos moleculares do vírus da dengue.

Go et al. (2005) evidenciam que há literatura abundante sobre as mais diversas modificações feitas na estrutura básica da chalcona no intuito de estudar como essas modificações geram respostas na forma de atividade biotecnológica, a nível molecular. Esses autores destacam que sua origem como produto natural pode ser um fator que contribui para essa gama de atividades apresentadas. As suas características estruturais (presença de uma *enona* reativa, por exemplo) pode predispor sua estrutura para as interações com diversos receptores e enzimas. A manipulação estrutural de moléculas de chalconas pode estreitar, ainda mais, o seu leque de atividades biotecnológicas e potencializar suas mais diversas aplicações.

BIODIVERSIDADE DO CERRADO E BIOTECNOLOGIA

• Compilação de Dados

Os dados utilizados foram coletados a partir da literatura especializada disponível online, mais especificamente do Portal de Periódicos Capes com acesso remoto via Comunidade Acadêmica

Federada (CAFe), que inclui mais de 37 mil periódicos provenientes de vários acervos como a *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO 2016) e o *Web of Science* (CAPES 2016). As palavras chaves *cerrado*, *biotecnologia* foram utilizadas combinadas a palavras como: *plantas*, *microrganismos*, *répteis*, *peixes*, *aves*, *mamíferos* em português e na sua tradução equivalente em inglês. Foram considerados os artigos que apresentaram estudos que se enquadram na definição de biotecnologia de acordo com Faleiro & Andrade (2011), isto é, “conhecimentos que usam organismos, células e moléculas de forma prática na obtenção de bens e serviços” ou “que gera produtos e processos de origem biológica”. A partir dos artigos consultados determinou-se, quando possível, o gênero e espécie, assim como outros táxons (Reino, Filo, Classe, Família), os quais foram confirmados, assim como a presença de cada espécie no domínio geográfico do Cerrado, consultando a base de dados online Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2012 Annual Checklist (Bisby et al. 2012) e a rede speciesLink (CRIA 2016). Quando necessário foram consultadas bases de dados específicas para cada grupo taxonômico. Posteriormente, a partir de cada artigo, foram retiradas as informações sobre a utilização do organismo em biotecnologia, assim como no serviço em que é aplicado.

- ***Uso da Biodiversidade pela Biotecnologia***

Este estudo indica que 151 espécies e morfoespécies (identificação ao nível de gênero ou de Reino) encontradas no domínio geográfico do Cerrado são utilizadas em biotecnologia (Tabela 1). Entretanto, é necessário considerar que muitas das espécies mencionadas não são endêmicas deste ambiente, ou seja, podem ser encontradas em outros tipos de biomas brasileiros como, por exemplo, as bactérias. As espécies que são utilizadas em biotecnologia se concentram principalmente nos grupos de fungos, bactérias, invertebrados (aranhas e quilópodes), anfíbios, répteis (serpentes) e plantas vasculares, não sendo encontradas informações para aves, mamíferos e peixes (Tabela1; Figura 2).

Esta situação pode estar relacionada ao uso tradicional dos organismos, como é o caso dos anfíbios da família Dendrobatidae (Dornelles et al. 2011) e das plantas (Albuquerque & Hanazaki 2006) pelas comunidades indígenas, ou seja, há um conhecimento prático do uso de um determinado organismo para suprir demandas específicas (p. ex., terapêuticas) ou que auxiliem na execução de uma determinada atividade (p. ex., a caça de animais), informação esta que serve de base para sua aplicação em biotecnologia. Entretanto, a interação com os organismos pode ter também consequências adversas para os seres humanos, como por exemplo com os animais peçonhentos (serpentes, aranhas, escorpiões. (Bochner & Struchiner 2002)) favorecendo a busca de soluções para as mesmas que podem propiciar a descoberta de novas aplicações biotecnológicas. Neste sentido, o interesse pelo estudo toxicológico relacionado às picadas de serpentes, mais especificamente de *Bothrops jararaca*, foi a base

para a descoberta da bradiginina por Rocha e Silva et al. (1949), uma hormona polipeptídica utilizada como anti-hipertensivo. Adicionalmente, o estudo biotecnológico de alguns organismos é favorecido pelos avanços no conhecimento a respeito dos mesmos e na tecnologia, ou seja, são contemporâneos e envolvem principalmente organismos como fungos, bactérias e vegetais.

Tabela 01. Espécies do Cerrado Utilizadas em Biotecnologia Compiladas neste Estudo a partir da Literatura.

(Continua...)

REINO		REINO	
Classe	N.º	Classe	N.º
Família		Família	
Gênero e espécie		Gênero e espécie	
ANIMAL		PLANTAE	
Amphibia		Annonaceae	
Hylidae		<i>Annona crassiflora</i>	69
<i>Hypsiboas lundii</i>	1	<i>Annona dioica</i>	70
<i>Phyllomedusa azurea</i>	2	<i>Annona emarginata</i>	71
<i>Phyllomedusa hypochondrialis</i>	3	<i>Annona leptopetala</i>	72
<i>Phyllomedusa oreades</i>	4	<i>Annona montana</i>	73
Arachnida		<i>Annona muricata</i>	74
Theraphosidae		<i>Annona neosalicifolia</i>	75
<i>Acanthoscurria gomesiana</i>	5	<i>Annona salzmännii</i>	76
<i>Acanthoscurria natalensis</i>	6	<i>Annona sylvatica</i>	77
Chilopoda		<i>Cardiopetalum calophyllum</i>	78
Scolopendridae		<i>Duguetia furfuracea</i>	79
<i>Scolopendra viridicornis nigra</i>	7	<i>Guatteria australis</i>	80
Sauropsida		<i>Xylopia aromatica</i>	81
Viperidae		<i>Xylopia emarginata</i>	82
<i>Bothrops jararaca</i>	8	Apocynaceae	
<i>Bothrops moojeni</i>	9	<i>Fernaldia pandurata</i>	83
<i>Crotalus durissus terrificus</i>	10	<i>Forsteronia refracta</i>	84
EUBACTERIA		<i>Hancornia speciosa</i>	85
Actinobacteria		<i>Himatantbus obovatus</i>	86
Actinomycetaceae		<i>Mandevilla illustris</i>	87
<i>Trueperella pyogenes</i>	11	<i>Mandevilla pobliana</i>	88
Corynebacteriaceae		<i>Mandevilla velame</i>	89
<i>Corynebacterium renale</i>	12	<i>Tabernaemontana catharinensis</i>	90
Microbacteriaceae		Arecaceae	
<i>Leifsonia aquatica</i>	13	<i>Attalea phalerata</i>	91
Micromonosporaceae		Asteraceae	
<i>Actinoplanes ACR 23</i>	14	<i>Baccharis genistelloides subsp. crista</i>	92
<i>Actinoplanes ACR 4</i>	15	<i>Cosmos sulphureus</i>	93
<i>Actinoplanes ACR 7</i>	16	<i>Lepidaploa aurea</i>	94
Streptomycetaceae		<i>Lychnophora ericoides</i>	95
<i>Streptomyces sp.</i>	17	<i>Mikania glomerata</i>	96
<i>Streptomyces cyaneus</i>	18	<i>Piptocarpha rotundifolia</i>	97
<i>Streptomyces malaysiensis</i>	19	Bignoniaceae	
<i>Streptomyces RC 1071</i>	20	<i>Adenocalymma nodosum</i>	98
<i>Streptomyces sp.</i>	21	<i>Anemopaegma arvense</i>	99
Bacilli		<i>Cydistax antispybilitica</i>	100
Bacillaceae		<i>Handroanthus impetiginosum</i>	101
<i>Bacillus cereus</i>	22	<i>Jacaranda decurrens</i>	102
<i>Bacillus circulans</i>	23	Boraginaceae	
<i>Bacillus coagulans</i>	24	<i>Varronia curassavica</i>	103

<i>Bacillus licheniformis</i>	25	Bromeliaceae	
<i>Bacillus megaterium</i>	26	<i>Ananas comosus</i> var. <i>microstachys</i>	104
<i>Bacillus subtilis</i>	27	Caryocaraceae	
<i>Bacillus thuringiensis</i>	28	<i>Caryocar brasiliense</i>	105
<i>Diversas linhagens</i>	29	Celastraceae	
<i>Lysinibacillus fusiformis</i>	30	<i>Maytenus truncata</i>	106
<i>Lysinibacillus</i> sp.	31	Cucurbitaceae	
Paenibacillaceae		<i>Apodanthera villosa</i>	107
<i>Paenibacillus polymyxa</i>	32	Dilleniaceae	
Staphylococcaceae		<i>Curatella americana</i>	108
<i>Staphylococcus pasteurii</i>	33	Eriocaulaceae	
<i>Staphylococcus</i> sp.	34	<i>Paepalanthus chiquitensis</i>	109
Gamma Proteobacteria		Euphorbiaceae	
Pseudomonaceae		<i>Croton antisiphiliticus</i>	110
<i>Pseudomonas</i> sp.	35	<i>Jatropha elliptica</i>	111
<i>Pseudomonas stutzeri</i>	36	<i>Manihot esculenta</i>	112
FUNGI		Fabaceae	
Eurotiomycetes		<i>Abarema cochliacarpus</i>	113
Aspergillaceae		<i>Anadenanthera colubrina</i>	114
<i>Aspergillus caespitosus</i>	37	<i>Anadenanthera peregrina</i>	115
<i>Aspergillus niger</i>	38	<i>Bauhinia forficata</i>	116
<i>Aspergillus phoenicis</i>	39	<i>Copaifera langsdorffii</i>	117
<i>Aspergillus terreus</i>	40	<i>Dimorphandra mollis</i>	118
<i>Aspergillus versicolor</i>	41	<i>Dipteryx alata</i>	119
<i>Penicillium italicum</i>	42	<i>Harpalyce brasiliana</i>	120
<i>Penicillium janczewskii</i>	43	<i>Inga affinis</i>	121
<i>Penicillium</i> sp.	44	<i>Plathymentia reticulata</i>	122
Thermoascaceae		<i>Pterodon pubescens</i>	123
<i>Byssocladium spectabilis</i>	45	<i>Sclerobium aureum</i>	124
Trichocomaceae		<i>Senna occidentalis</i>	125
<i>Neosartorya spinosa</i>	46	<i>Stryphnodendron adstringens</i>	126
Glomeromycetes		Hypericaceae	
Claroideoglomeraceae		<i>Hypericum brasiliense</i>	127
<i>Claroideoglosum etunicatum</i>	47	Lamiaceae	
Gigasporaceae		<i>Marsipyanthes chamaedrys</i>	128
<i>Gigaspora margarita</i>	48	Lecythidaceae	
Microbotryomycetes		<i>Lecythis lurida</i>	129
Sporidiobolaceae		Lythraceae	
<i>Rhodotorula mucilaginosa</i>	49	<i>Lafoensia pacari</i>	130
Classe ND		Malpighiaceae	
Família ND		<i>Byrsonima cydoniifolia</i>	131
<i>Cepas de fungos aquáticos</i>	50	<i>Byrsonima intermedia</i>	132
<i>Cinco cepas</i>	51	Melastomataceae	
Saccharomycetes		<i>Acisanthera</i> sp.	133
Debaryomycetaceae		Meleaceae	
<i>Candida glabrata</i>	52	<i>Guarea guidonia</i>	134
<i>Candida parapsilosis</i>	53	Menispermaceae	
Sordariomycetes		<i>Cissampelos pareira</i>	135
Clavicipitaceae		Myrtaceae	
<i>Metarbizium anisopliae</i>	54	<i>Eugenia dysenterica</i>	136
Hypocreaceae		<i>Eugenia uniflora</i>	137
<i>Trichoderma barzilianum</i>	55	<i>Psidium guineense</i>	138
Família ND		Piperaceae	
<i>Acremonium strictum</i>	56	<i>Piper umbellatum</i>	139
Tremellomycetes		Primulaceae	
Trichosporonaceae		<i>Myrsine guianensis</i>	140
<i>Cryptococcus flavus</i> I-11	57	Salicaceae	
Zygomycetes		<i>Casearia sylvestris</i>	141

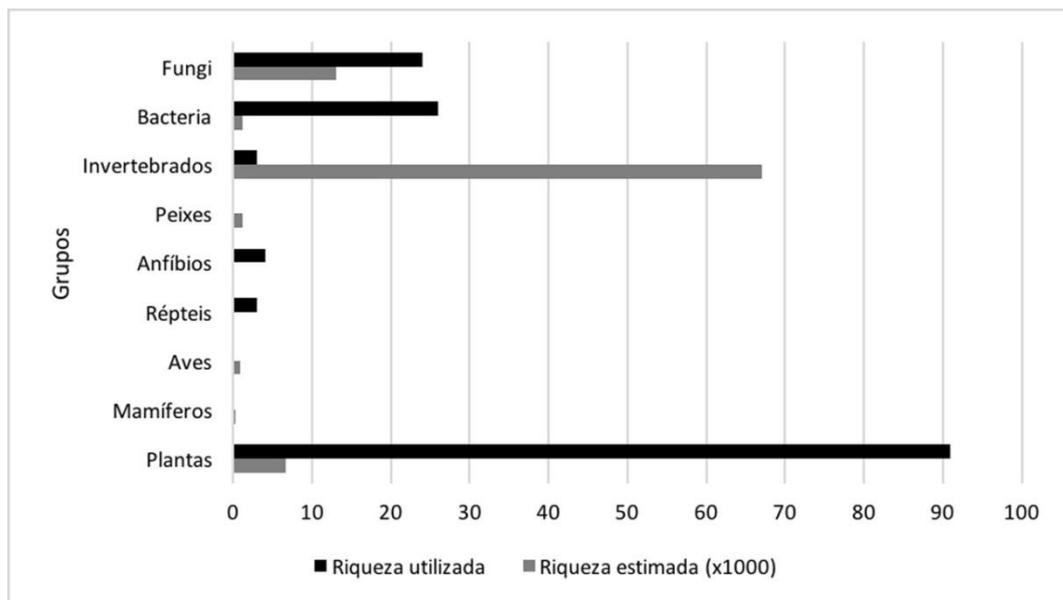
Mucoraceae		<i>Casearia sylvestris var. lingua</i>	142
<i>Amylomyces rouxii</i>	58	Sapindaceae	
Rhizopodaceae		<i>Magonia pubescens</i>	143
<i>Rhizopus microsporus var. rhizopodiiformis</i>	59	<i>Serjania lethalis</i>	144
<i>Rhizopus stolonifer</i>	60	Simaroubaceae	
PLANTAE		<i>Simarouba versicolor</i>	145
Magnoliopsida		Solanaceae	
Amaranthaceae		<i>Solanum americanum</i>	146
<i>Blutaparon portulacoides</i>	61	Typhaceae	
<i>Dysphania ambrosioides</i>	62	<i>Typha domingensis</i>	147
<i>Gomphrena elegans</i>	63	Urticaceae	
Anacardiaceae		<i>Cecropia hololeuca</i>	148
<i>Anacardium humile</i>	64	Velloziaceae	
<i>Anacardium occidentale</i>	65	<i>Vellozia squamata</i>	149
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	66	Verbenaceae	
Annonaceae		<i>Lippia martiana</i>	150
<i>Annona coriácea</i>	67	Vochysiaceae	
<i>Annona cornifolia</i>	68	<i>Salvertia convallariaeodora</i>	151

Fonte: Os Autores.

N.º = Número de espécie. ND = Não disponível.

Esta situação é exemplificada pelo desenvolvimento e aplicação da técnica de cultura de tecidos vegetais, a qual começou com a cultura em laboratório de células simples em 1902, o desenvolvimento de técnicas entre 1940 e 1960, entre as quais a de micropropagação que é utilizada até hoje, para aplicação posterior em diversas áreas do comportamento celular a partir da metade do ano de 1960, e finalmente ser aplicada em diversas espécies de plantas na atualidade (Thorpe 2006) inclusive es espécies do Cerrado (Pinhal et al. 2011).

Figura 02. Riqueza de Espécies Utilizada em Biotecnologia Resultante da Compilação Realizada neste Estudo e esta Estimada por Aguiar et al. (2004) e Lewinson & Prado (2000) por Grupo de Organismos Presentes no Cerrado.



Fonte: Os Autores.

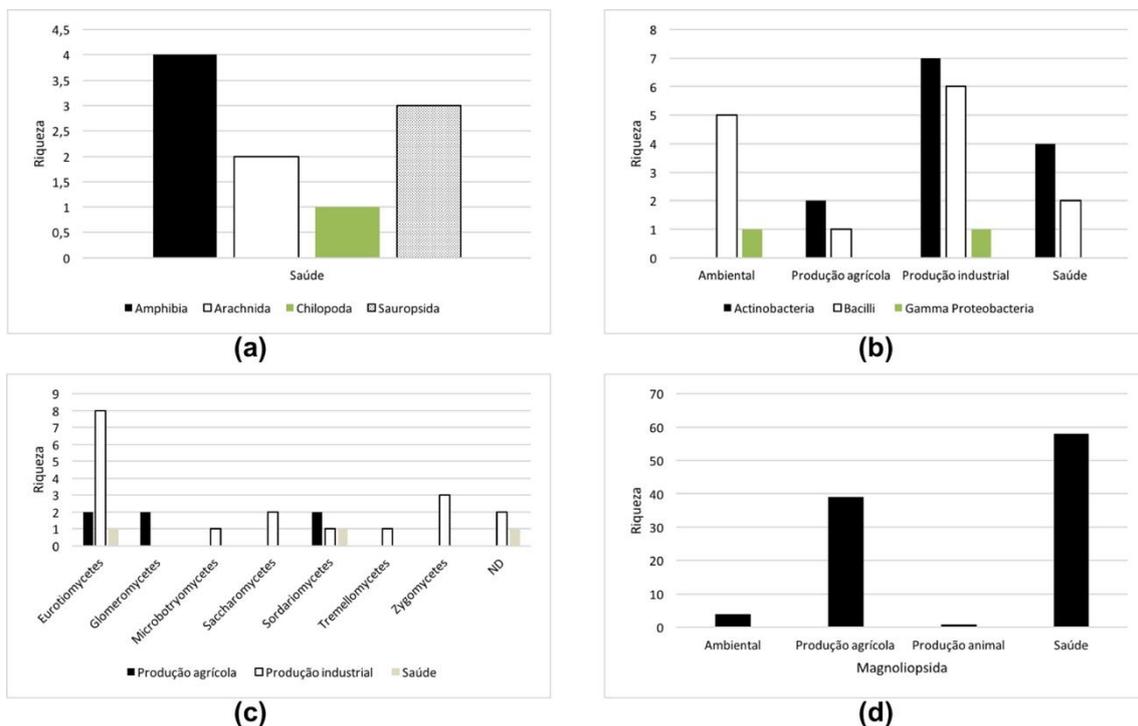
Quando comparada a riqueza de espécies resultante deste estudo (Figura 2) com as estimativas da riqueza de espécies para os grupos de plantas, répteis e invertebrados mencionadas por Aguiar et al. (2004) e de bactérias e fungos por Lewinson & Prado (2000) para o Cerrado, observa-se que a primeira corresponde a 1,4%; 1,7%; 2,7%; 0,004%; 2,2% e 0,2% das estimativas, respectivamente. Ou seja, os estudos realizados envolvem uma quantidade ínfima da riqueza de espécies estimada para o referido bioma. Por um lado, se observa que há interesse e esforço direcionado na sistematização da informação tradicional sobre o Cerrado via estudos etnofarmacológicos e etnobotânicos (p. ex., Coelho 2007, Costa et al. 2010, de Bessa et al. 2013), organização da informação relativa à biodiversidade brasileira como é o caso da rede speciesLink (CRIA 2016), entre outras iniciativas. Esta situação, como sugerido por Faleiro & Andrade (2011), é necessária aos estudos de biotecnologia, desde que os mesmos utilizam informações oriundas de diferentes áreas do conhecimento. Por outro lado, há urgência em conhecer o potencial biotecnológico dos organismos encontrados no Cerrado, visto que o mesmo é considerado um *hotspot*, isto é, apresenta um elevado número de espécies endêmicas aliada a uma forte pressão antropogênica (Myers et al. 2000), pressão esta que tem propiciado a substituição de 39,5% da cobertura vegetal original por diversos tipos de uso do solo (Sano et al. 2008), o que favorece uma perda da biodiversidade não apenas das plantas, mas de outros organismos.

São cinco as áreas de serviço atendidas pelos estudos em biotecnologia abrangendo as espécies do Cerrado (Figura 3). Apesar de uma espécie poder ser utilizada para atender mais de uma área de serviço, observa-se que há uma predominância de espécies nos estudos que envolvem a área de saúde (77 espécies), seguida da produção agrícola (48), produção industrial (32), ambiental (10) e produção animal (1).

Em se tratando da área da saúde, este resultado pode ser explicado, além dos já mencionados referentes ao uso tradicional de plantas e problemas com animais peçonhentos, pela demanda de medicamentos que atendam os diversos problemas de saúde da população humana e ao valor econômico que estes representam (Calixto 2003), daí que em todos os grupos de organismos compilados há estudos biotecnológicos voltados para esta área de serviço. Os produtos biotecnológicos voltados para a área de serviços da saúde são diversos (Figura 4) como por exemplo substâncias antimicrobianas para controle de bactérias gram-positivas e negativas a partir de secreções da pele de *Phyllomedusa hypochondrialis* (perereca; Brand et al. 2006) ou de metabólitos liberados pela bactéria *Paenibacillus polymyxa* (Rosado & Seldin 1993) e de *Candida albicans* por metabólitos do fungo *Penicillium* sp. (Petit et al. 2009) ou de *Aedes aegypti* utilizando inseticidas obtidos de extratos da anonácea *Annona coriacea* (Krinski et al. 2014) e de tumores utilizando extratos de ipê-roxo *Handroanthus impetiginosum* (de

Melo et al. 2011). Nesta direção, há vários estudos demonstrando a ação de extratos de plantas e de fungos isolados de amostras do solo do cerrado do Brasil Central no controle de insetos de interesse em Parasitologia e doenças tropicais. A atividade larvicida do extrato bruto etanólico da casca do caule de *Magonia pubescens*, árvore da família Sapindaceae que ocorre em áreas do cerrado usada popularmente no tratamento de dermatites, seborréias e infestações por piolho, demonstrou atividade larvicida sobre todos os estádios de *Aedes albopictus* (Guimarães et al. 2001). A fração MP₉ (C₄₅H₁₆O₁₈) obtida por técnicas cromatográficas e espectrometria identificada como um tanino catéquico extraída de *Magonia pubescens* induziu alterações morfo-histológicas de larvas *Aedes aegypti* (Valotto et al.2010). Fungos filamentosos do gênero *Beauveria* desenvolvem conversões complexas e têm sido avaliados no controle biológico de insetos como uma alternativa para substituir o uso de inseticidas químicos (Costa et al. 2008). A atividade larvicida do fungo *Metarhizium anisopliae* isolado do solo cerrado foi testada em larvas de *Aedes aegypti* induzindo mortalidade rápida e alta caracterizando o seu potencial para o controle desse inseto (Silva et al, 2004).

Figura 03. Riqueza de Espécies Compilada neste Estudo por Área de Serviço e por Classe Taxonômica de Vertebrados (Amphibia, Sauropsida) e Invertebrados (Arachnida, Chilopoda).



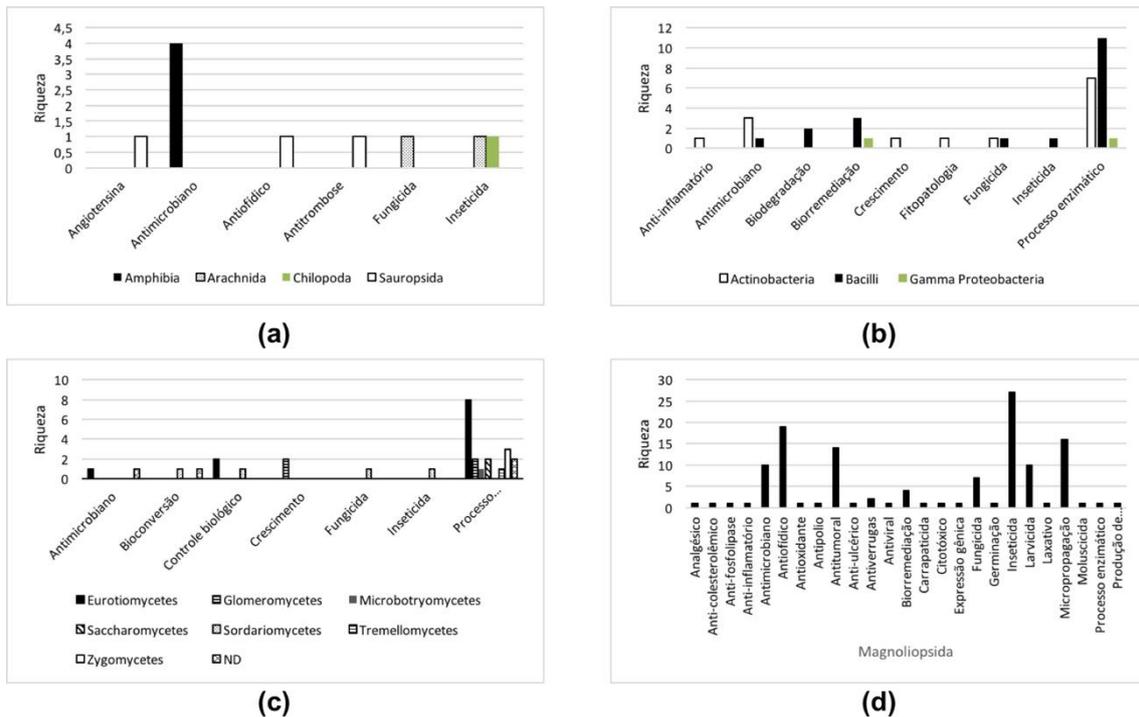
Fonte: Os Autores.

(a), bactérias (b), fungos (c) e plantas (d). ND = Classe não disponível.

O Cerrado é notadamente conhecido ainda como uma fronteira agrícola (Dias 2011), isto é, apresenta condições que podem ser adequadas para o uso agrícola. Assim, este uso pode ser traduzido na busca de biotecnologias que possam proteger, favorecer ou incrementar a produção agrícola,

principalmente envolvendo os fungos (p. ex., uso de *Trichoderma harzianum* no controle biológico do mofo-cinzento *Sclerotium rolfsii* que provoca apodrecimento da região do colo em mudas, Auler et al. 2013), bactérias (p. ex., utilização de *Bacillus thuringiensis* no controle biológico da lagarta militar *Spodoptera frugiperda* que ataca a cultura de arroz entre outras, Valicente & Barreto 2003) e plantas (p. ex., micropropagação de células do pequi *Caryocar brasiliense*, Pinhal et al. 2011).

Figura 04. Riqueza de Espécies Compilada neste Estudo por Tipo de Aplicação e por Classe Taxonômica de Vertebrados (Amphibia, Sauropsida) e Invertebrados (Arachnida, Chilopoda).



Fonte: Os Autores.

(a), bactérias (b), fungos (c) e plantas (d). ND = Classe não disponível.

Cabe ainda destacar que a pecuária é outra atividade econômica desenvolvida no Cerrado. Apesar disto, apenas o uso de uma espécie de planta, a inuíba-vermelha *Lecythis lurida*, no controle do carrapato *Rhipicephalus microplus* (Pereira et al. 2015) foi encontrado. Uma outra área de serviço mais recente atendida pela biotecnologia é a ambiental centrada em processos como a biodegradação de herbicidas utilizando bactérias (de Araújo & Orlanda 2014) ou biorremediação de derrames de petróleo e afins usando bactérias (de Oliveira et al. 2012), de metais-traço como ferro (Reis et al. 2014), arsênio, zinco, cádmio (Duarte et al. 2012) e mercúrio (Gomes et al. 2014) utilizando plantas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inovação biotecnológica tem fundamentos e pressupostos importantes na sua dinâmica, que exigem necessariamente o alcance da excelência acadêmica e da maturidade científica, numa área

específica do conhecimento. No contexto da inovação e biotecnologia na biodiversidade, exige ainda dar ao conhecimento científico características de conhecimento básico direcionado aos recursos naturais.

A este respeito e considerando a biodiversidade do Cerrado observa-se que existe um conhecimento de base principalmente com relação ao uso de várias moléculas provenientes de plantas deste bioma, conhecimento este concentrado no setor acadêmico. As áreas de serviço atendidas pelos estudos em biotecnologia, abrangendo as espécies do Cerrado, são cinco. Observa-se que há uma predominância de espécies nos estudos que envolvem as áreas (1) de saúde, (2) de produção agrícola, (3) de produção industrial, (4) ambiental e (5) de produção animal. Quanto à área ambiental, os serviços estão centrados em processos, como a biodegradação e biorremediação.

Nesse sentido a inovação torna-se uma das respostas das instituições científicas, tecnológicas e de inovação às demandas qualificadas da biotecnologia, sobretudo aquelas que envolvem ganhos de competitividade no cenário global. Assim, considerando as etapas da Fundação Fraunhofer, da Alemanha, em ações inovativas (pesquisa básica, pesquisa básica direcionada ao setor produtivo, pesquisa aplicada e inovação tecnológica) e o uso da biodiversidade do Cerrado, parece que este último se encontra entre a primeira e segunda etapa, sem considerar que há um amplo campo na geração de conhecimento de base em se tratando da *fauna* e *flora* do Cerrado, visto a reduzida quantidade de espécies avaliadas pela comunidade científica em relação ao total da biodiversidade estimada. Este poderia ser o ganho do setor produtivo no cenário mundial.

Finalmente, cabe destacar que o planejamento com objetivo de alcançar a inovação biotecnológica precisa acompanhar a dinâmica da pesquisa básica, bem como compreender suas especificidades e avanços, e ainda estar em sintonia com as potenciais aplicações da *megadiversidade* desses recursos naturais do Cerrado. Portanto, a inovação é a última etapa de um processo ancorado numa pesquisa fundamental.

REFERÊNCIAS

Aguiar LMdeS, Machado RB, Marinho-Filho J 2004. A diversidade biológica do Cerrado. In LMS Aguiar, AJA Camargo, *Cerrado: ecologia e caracterização*, Embrapa-CPAC, Planaltina, p. 19-42.

Albuquerque UPde, Hanazaki N 2006. As pesquisas etnodirigidas na descoberta de novos fármacos de interesse médico e farmacêutico: fragilidades e perspectivas. *Brazilian Journal of Pharmacognosy* 16: 678-689.

Almeida LR, Silva JJ, Duarte VS, Santos TN, Napolitano HB 2014. Cristalografia: 100 Anos no Caminho da Inovação. *Revista Processos Químicos* 8: 75-86.

Auler ACV, Carvalho DDC, de Mello SCM 2013. Antagonismo de *Trichoderma harzianum* a *Sclerotium rolfsii* nas culturas do feijoeiro e soja. *Revista Agro@ambiente On-line* 7(3): 359-365.

Begum NA, Roy NL, Rajibul A, Roy K 2011. Mosquito larvicidal studies of some chalcone analogues and their derived products: Structure-activity relationship analysis. *Medicinal Chemistry Research* 20(2):184-191.

Bisby F, Roskov Y, Culham A, Orrell T, Nicolson D, Paglinawan L, Bailly N, Appeltans W, Kirk P, Bourgoin T, Baillargeon G, Ouvrard D., eds (2012). Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2012 Annual Checklist. Digital resource at www.catalogueoflife.org/col/. Species 2000: Reading, UK.

Bochner R, Struchiner CJ 2002. Recording of venomous bites and stings by National Information Systems in Brazil. *Cadernos de Saúde Pública* 18(3): 735-746.

Brand GD, Leite JRS, de Sá Mandel S M, Mesquita DA, Silva LP, Prates MV, Barbosa EA, Vinecky F, Martins GR, Galasso JH 2006. Novel dermaseptins from *Phyllomedusa hypochondrialis* (Amphibia). *Biochemical and biophysical research communications* 347(3): 739-746.

Caboni P, Aissani N, Demurtas M, Ntalli N, Valentina O 2016. Nematicidal activity of acetophenones and chalcones against *Meloidogyne incognita* and structure-activity considerations. *Pest Management Science* 72(1): 125–130.

Calixto JB 2003. Biodiversidade como fonte de medicamentos. *Ciência e Cultura* 55(3): 37-39.

CAPES (2016). Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Disponível em: <http://www.periodicos.capes.gov.br>. Acesso em 05 de maio de 2016.

Carvalho PS, Almeida LR, Araújo Neto JH, Medina ACQD, Menezes ACS, Sousa JEF, Oliveira SS, Camargo AJ, Napolitano HB 2016. Structural and Theoretical Investigation of Anhydrous 3,4,5-Triacetoxybenzoic Acid. *Plos One* 11: e0158029.

Clegg W 2009. *Crystal Structure Analysis: Principle and Practices*, IUCr - Oxford University Press, New York.

Coelho FBR 2007. Levantamento etnofarmacológico realizado na comunidade Mumbuca localizada no Jalapão–TO. *Revista Eletrônica de Farmácia* 2(2): XXX

Costa EMMB, Pimenta FC, Luz WC, Oliveira V 2008. Selection of filamentous fungi of the *Beauveria* genus able to metabolize quercetin like mammals cells. *Brazilian Journal of Microbiology* 39: 405-408.

Costa FGdeC, Nunes FCP, Peres V 2010. Mapeamento etnofarmacológico e etnobotânico de espécies de cerrado, na microrregião de Patos de Minas. *PERQUIRERE* 7(2): 93-111.

CRIA - Centro de Referência em Informação Ambiental (2016). Disponível em: <http://www.cria.org.br/>. Acesso em 05 de maio de 2016.

de Araújo LCA, Fábio J, Orlanda F 2014. Biodegradação do herbicida 2, 4-d utilizando bactérias selecionadas do solo do cerrado maranhense. *Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente* 24: XXX.

de Bessa NGF, Borges JCM., Beserra FP, Carvalho RHA, Pereira MAB, Fagundes R, Campos SL, Ribeiro LU, Quirino MS, Chagas Junior AF, Alves A 2014. Preliminary phytochemical screening of

native Cerrado plants of medicinal popular use by the rural community of the Vale Verde settlement - Tocantins. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais* 15(SUPPL. 1): 692-707.

de Melo JG, Santos AG, de Amorim ELC, de Nascimento SC, de Albuquerque UP 2011. Medicinal plants used as antitumor agents in Brazil: an ethnobotanical approach. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2011: 1-14.

de Oliveira NC, Rodrigues AA, Alves MI, Antoniosi Filho NR, Sadoyama G, Vieira JDG 2012. Endophytic bacteria with potential for bioremediation of petroleum hydrocarbons and derivatives. *African Journal of Biotechnology* 11(12): 2977-2984.

Dias WA 2011. Biotecnologia e biodiversidade no Bioma Cerrado: incursões reflexivas. *Ateliê Geográfico* 4(1): 224-239.

Dornelles MF, Marques MdGB, Renner MF 2011. Revisão sobre toxinas de Anura (Tetrapoda, Lissamphibia) e suas aplicações biotecnológicas. *Ciência em Movimento-Biociências e Saúde* 12(24): 103-113.

Duarte D, Gomes M, Barreto L, Matheus M, Garcia Q 2012. Toxic trace elements effects on seed germination of four Brazilian Savanna tree species. *Seed Science and Technology* 40(3): 425-432.

Faleiro FG, de Andrade SRM 2011. Biotecnologia: uma visão geral. In FG Faleiro, SRM de Andrade, FB dos Reis Junior (eds.). *Biotechnology: state of the art applications in agriculture*, Embrapa Cerrados, Brasília, p. 13-30.

Funari, CS, Ferro VO 2005. Uso ético da biodiversidade brasileira: necessidade e oportunidade. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 15(2): 178-82.

Giacovazzo C, Monaco HL, Viterbo D, Scordari F, Gilli G, Zanotti G, Catti M 2002. *Fundamentals of Crystallography*. Giacovazzo, Oxford: IUCR - Oxford University Press, 2ª ed., 2002.

Glusker JP, Trueblood KN 2010. *Crystal structure analysis: A primer*. IUCr - Oxford University Press, New York.

Go ML, Wu X, Liu XL 2005. Chalcones: an update on cytotoxic and chemoprotective properties. *Current Medicinal Chemistry* 12(117543): 481-499.

Gomes MVT, de Souza RR, Teles VS, Mendes ÉA 2014. Phytoremediation of water contaminated with mercury using *Typha domingensis* in constructed wetland. *Chemosphere* 103: 228-233.

Guido RVC, Andricopulo AD, Oliva G 2010. Revista Estudos Avançados - Contribuição da Biotecnologia na Medicina, Agricultura e Desenvolvimento Sustentável. *InovaBrasil*, 13 dez. 2010.

Guimarães VP, Silva IG, Silva HHG, Rocha C 2001. Atividade larvicida do extrato bruto etanólico da casca do caule de *Magonia pubescens* St. Hil sobre *Aedes albopictus* (Skuse,1894). *Revista de Patologia Tropical* 30(2): 243-249.

Hammond C 2009. *The Basics of Crystallography and Diffraction*, IUCr - Oxford University Press, Oxford.

Hoerger CC, Schenzel JS, Bjarne W, Bucheli TD 2009. Analysis of selected phytotoxins and mycotoxins in environmental samples. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 395(5): 1261-1289.

- Krinski D, Massaroli A, Machado M 2014. Potencial inseticida de plantas da família Annonaceae. *Revista Brasileira de Fruticultura* 36(1): 225-242.
- Lewinsohn TM, Prado PI 2000. *Biodiversidade Brasileira: Síntese do Estado Atual do Conhecimento*. Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais e Instituto de Biologia, Unicamp, Campinas.
- Mahajan PG, Bhopate DP, Kolekar GB, Shivajirao RP 2015. A Chalcone Based Novel Fluorescent Nanoprobe for Selective Detection of Al³⁺ Ion in Aqueous Medium. *Journal of Luminescence and Applications* 2(1): 1-13.
- Mittermeier RA, de Fonseca GAB, Rylands AB, Brandon K 2005. Uma breve história da conservação da biodiversidade no Brasil. *Megadiversidade* 1(1): 14-21.
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Fonseca GAB, Kent J 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403(24): 853-858.
- Pereira SG, do Nascimento Júnior JRS, da Silva Lima A, Junior LMC, Guilhon GGMSP, da Silva Santos L 2015. Ação carrapaticida sobre *Rhipicephalus microplus* dos extratos, frações e compostos obtidos da espécie *Lecythis lurida* (Lecythidaceae). *Biotemas* 28(4): 119-130.
- Petit P, Lucas EM, Abreu LM, Pfenning LH, Takahashi JA 2009. Novel antimicrobial secondary metabolites from a *Penicillium* sp. isolated from Brazilian cerrado soil. *Electronic Journal of Biotechnology* 12(4): 8-9.
- Pinhal HF, Anastácio MR, Carneiro PAP, da Silva VJ, de Moraes TP, Luz JMQ 2011. Aplicações da cultura de tecidos vegetais em fruteiras do Cerrado. *Ciência Rural* 41(7): 1136-1142.
- Powers C, Setzer W 2016. An In-Silico Investigation of Phytochemicals as Antiviral Agents Against Dengue Fever. *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening* 19(7): 516–536.
- Rani A, Jain S, Gautam RD 2012. Investigation of insecticidal activity of some α,β -unsaturated carbonyl compounds and their synergistic combination with natural products against *Phenacoccus Solenopsis* Tinsley. *J Plant Protect Res* 52(1):146–155.
- Reis KCde, Silva CF, Duarte WF, Schwan RF 2014. Bioaccumulation of Fe³⁺ by bacteria isolated from soil and fermented foods for use in bioremediation processes. *African Journal of Microbiology Research* 8(26): 2513-2521.
- Rocha e Silva M, Beraldo WT, Rosenfeld G 1949. Bradykinin, a hypotensive and smooth muscle stimulating factor released from plasma globulin by snake venoms and by trypsin. *Am. J. Physiol.* 156(2): 261-273.
- Rosado A, Seldin L 1993. Production of a potentially novel anti-microbial substance by *Bacillus polymyxa*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 9(5): 521-528.
- Rozmer Z, Perjési Pál 2014. Naturally occurring chalcones and their biological activities. *Phytochemistry Reviews* 15(1):87-120.
- Sancho, Matias Israel et al. 2016. Theoretical and Experimental Study of Inclusion Complexes of β -Cyclodextrins with Chalcone and 2',4'-Dihydroxychalcone. *The Journal of Physical Chemistry B* 120(12): 3000–3011.

Sano EE, Rosa R, Brito JLS, Ferreira LG 2008. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 43: 153-156.

SCIELO 2016. *Scientific Electronic Library Online*. Disponível em: <http://www.scielo.br>. Acesso em 05 de maio de 2016.

Silva RO, Silva HHG, Luz C 2004. Effect of *Metarhizium anisopliae* isolated from soil samples of the central Brazilian cerrado against *Aedes aegypti* larvae under laboratory conditions. *Revista de Patologia Tropical* 33(2); 207-216.

Singh SB, Pelaez F 2008. Biodiversity, chemical diversity and drug discovery. *Prog Drug Res*, 65(141): 143–74,.

Stout GH, Jensen LH 1989. *X-Ray Structure Determination - A practical guide*. Wiley-Interscience, New York.

Teece DJ 1986. Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research Policy* 15(6): 285-305.

Thorpe TA 2006. History of plant tissue culture. *Plant cell culture protocols* 2007(37): 169-180.

Valicente FH, Barreto MR 2003. *Bacillus thuringiensis* survey in Brazil: geographical distribution and insecticidal activity against *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Neotropical Entomology* 32(4): 639-644.

Valotto CFB, Cavasin G, Silva HHG, Geris R, Silva IG 2010. Alterações morfo-histológicas em larvas de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera, Culicidae) causadas pelo tanino catéquico isolado da planta do cerrado *Magonia pubescens* (Sapindaceae). *Revista de Patologia Tropical* 39(4):309-321.

Vaz WF, Custodio, JMF, Silveira, Rafael G, Castro AN, Campos CEM, Anjos MM, Oliveira GR, Valverde C, Baseia B, Napolitano HB 2016. Synthesis, characterization, and third-order nonlinear optical properties of a new neolignane analogue. *RSC Advances: an international journal to further the chemical sciences* 6: 79215-79227.

Velmurugan K, Prabhu J, Tang L, Chidambaram T, Noel M, Radhakrishnan S, Nandhakumar R 2014. A simple chalcone-based fluorescent chemosensor for the detection and removal of Fe³⁺ ions using a membrane separation method. *Anal Methods* 6(9):2883-2888.

Yang W, Cheng Z, Xu Y, Shao J, Zhou W, Xie J, Li M 2015. A highly selective fluorescent chemosensor for cyanide anions based on a chalcone derivative in the presence of iron(III) ions, and its capacity for living cell imaging in mixed aqueous systems. *New J. Chem* 39(9):7488–7494.

Yuriev E, Coote ML 2011. Molecular Modelling: Advances in Biomolecular and Materials Modelling. *Aust J Chemistry* 64(7): 885-886.

Innovation and Biotechnology on Cerrado Biodiversity

ABSTRACT:

Biotechnology and biotechnology innovation play an important and fundamental role in a daily life, and also in the economies of the countries. The research on environmental processes through the mechanisms of the interaction between biodiversity and environment, throughout the structural molecular biotechnology, is a capable methodology to increase the understanding of the properties of the molecular compounds and directing the acquisition of new products. Quantification of Cerrado biodiversity with potential use in biotechnology, based on available literature, indicates 151 species, mainly from plants and microorganisms. There is a broad field in the generation of basic knowledge regarding the biodiversity of the Cerrado, given the small number of species evaluated by the scientific community in relation to the total estimated biodiversity, which can be used in biotechnology and thus stimulate innovation in this area of the knowledge.

Keywords: Biodiversity; Biotechnology; Microorganisms.

Data Submissão: 23/09/2016

Data Aceite: 05/12/2016