

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo deste trabalho será disponibilizado somente a partir de 10/10/2018.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(MICROBIOLOGIA APLICADA)

PRODUÇÃO, PURIFICAÇÃO, PROPRIEDADES BIOQUÍMICAS E
APLICAÇÃO DE XILANASES DE *Aspergillus hortae*

JULIANA MONTESINO DE FREITAS NASCIMENTO

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas (Microbiologia Aplicada).

Abril - 2017

JULIANA MONTESINO DE FREITAS NASCIMENTO

PRODUÇÃO, PURIFICAÇÃO, PROPRIEDADES BIOQUÍMICAS
E APLICAÇÃO DE XILANASES DE *Aspergillus hortae*

Tese apresentada ao Instituto de
Biociências do Câmpus de Rio
Claro, Universidade Estadual
Paulista, como parte dos requisitos
para obtenção do título de Doutor
em Ciências Biológicas
(Microbiologia Aplicada).

Orientadora: Profa. Dra. Eleonora Cano Carmona

RIO CLARO
2017

547.758 Nascimento, Juliana Montesino de Freitas
N244p Produção, purificação, propriedades bioquímicas e
aplicação de xilanases de *Aspergillus hortae* / Juliana
Montesino de Freitas Nascimento. - Rio Claro, 2017
120 f. : il., figs., gráfs., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Eleonora Cano Carmona

1. Enzimas. 2. Produção de xilanases. 3. *Aspergillus hortae*. 4. Aplicação na panificação. 5. Purificação e caracterização. 6. Enzimas halotolerantes. I. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Rio Claro



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: PRODUÇÃO, PURIFICAÇÃO, PROPRIEDADES BIOQUÍMICAS E APLICAÇÃO
DE XILANASES DE *Aspergillus hortae*

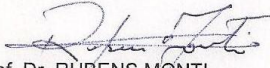
AUTORA: JULIANA MONTESINO DE FREITAS NASCIMENTO

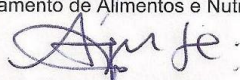
ORIENTADORA: ELEONORA CANO CARMONA

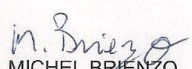
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em CIÊNCIAS
BIOLÓGICAS (MICROBIOLOGIA APLICADA), pela Comissão Examinadora:


Profa. Dra. ELEONORA CANO CARMONA
Departamento de Bioquímica e Microbiologia / IB Rio Claro


Profa. Dra. ROSA DOS PRAZERES MELO FURRIEL
Departamento de Química / UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO


Prof. Dr. RUBENS MONTI
Departamento de Alimentos e Nutrição / Faculdade de Ciências Farmacêuticas - UNESP - Araraquara


Prof. Dr. JOÃO ATÍLIO JORGE
Departamento de Biologia / Universidade de São Paulo


Prof. Dr. MICHEL BRIENZO
Laboratório de Caracterização de Biomassa / Instituto de Pesquisa em Bioenergia - IPBEN

Rio Claro, 10 de abril de 2017

*Dedico este trabalho a minha mãe Ana e
ao meu pai Marcos, amor e gratidão eternos!*

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Eleonora Cano Carmona, pela orientação deste trabalho, por tudo que tem me ensinado, pelo carinho, confiança e amizade.

À amiga Cárol Cabral Terrone por todos os ensinamentos no laboratório, pela paciência e ajuda nos experimentos, porém mais do que isso por ter tantas vezes me emprestado os ouvidos, pela cumplicidade, bondade e prontidão.

À Daniela Turati, Gabriela Vieira e Marina Turini por estarem sempre prontas a ajudar, pelo auxílio profissional e pessoal e pela amizade.

Aos amigos do laboratório Michel e Carol por toda a ajuda.

À Carmen Silvia Casonato de Souza, pela amizade, pelo apoio técnico e paciência.

À Profa. Dra. Caroline Joy Steel e a doutoranda Amanda Nogueira pela orientação e auxílio na aplicação da enzima.

Ao Prof. Dr. André Rodrigues e o aluno e amigo Danilo Polezel pela identificação da linhagem do fungo e pelo apoio prestado.

À Maria Antonia pela realização das análises de toxinas.

A todo corpo docente, técnicos e colegas do Departamento de Bioquímica e Microbiologia e demais setores da UNESP – Rio Claro.

A CAPES e ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

Aos amigos da EJNS: Flávia e Alexandre por todo carinho e aconselhamento, ao Juninho e família por terem sido tão acolhedores e amigos, ao Sérgio pelas piadas e por ter me apresentado o Thiago, a Renata, Denise, Flavinha, Christopher, Silvania, Andreia, pelo acolhimento, confiança, amizade e pelos momentos de descontração.

Ao Thiago, por todo apoio e companheirismo e por tornar mais completa esta fase final.

Aos meus pais, Marcos e Ana por não medirem esforços e renunciarem tantas coisas para que eu chegasse até aqui.

E principalmente a Deus que me envolveu em sua Divina Misericórdia me dando forças para realizar e contemplar tantas coisas que aos olhos humanos pareciam impossíveis.

“Jesus eu confio em Vós”
(Santa Faustina Kowalska)

RESUMO

Xilanases são enzimas que possuem uma gama de aplicações biotecnológicas, como hidrólise enzimática da biomassa lignocelulósica para produção de etanol, branqueamento de polpa de papel Kraft, na ração animal, na indústria de alimentos como aditivo para melhorar a qualidade de pães, na clarificação de sucos, entre outras. Essa variedade de aplicações deve-se a atuação das xilanases sobre os resíduos de xilose da cadeia principal do xilano, o segundo principal componente da parede celular vegetal, liberando xilooligossacarídeos. A amplitude de aplicações confere às xilanases posição de destaque econômico e grande exploração científica, principalmente na busca por xilanases estáveis ou tolerantes a condições físico-químicas mais extremas de temperatura, pH e salinidade. Este estudo mostra, pela primeira vez, a produção, purificação e aplicação de xilanases de *Aspergillus hortae*, um fungo isolado de lagoas salinas da região do Pantanal do Mato Grosso do Sul, Brasil. A produção de xilanases foi realizada utilizando sabugo de milho como substrato. Após a realização de um planejamento experimental, as condições ótimas de cultura foram pH 5,36 e 35 °C. As xilanases caracterizadas no filtrado de cultura apresentaram pH e temperatura ótimos de 6,5 e 55 °C bem como estabilidade em pH 3,0 a 8,0 e cerca de 70% da atividade ainda estava presente após 5 h de incubação do filtrado a 50 °C. A aplicação do filtrado de cultura na produção de pães, resultou na redução da firmeza do miolo, provocando um efeito anti-endurecimento, o que é um fator positivo quando se considera a vida de prateleira do pão. O filtrado de cultura foi submetido aos testes de purificação em trocador catiônico e aniônico bem como cromatografias de exclusão molecular, resultando na purificação de três xilanases, Xyl I, Xyl II e Xyl III, com massas moleculares de 33, 25 e 29 kDa, respectivamente. O pH ótimo das enzimas purificadas foi em torno de 6,0 a 6,5 e a temperatura ótima 55 °C, exceto para Xyl III que foi a 65 °C. As três enzimas apresentaram interessante tolerância e estabilidade ao NaCl, com destaque para Xyl I que foi ativada, especialmente a 4 M de NaCl, bem como permaneceram estáveis em 177%, 75% e 58%, respectivamente, quando incubadas a 2 M de NaCl por 3 h a 25 °C. Os resultados deste trabalho indicam o potencial de aplicação destas enzimas em processos industriais como na panificação e também processos que requerem estabilidade em faixas de pH e salinidade mais extremas, como branqueamento de polpa de papel Kraft e preparação de alimentos derivados de frutos do mar, respectivamente.

Palavras chave: *Aspergillus hortae*. Produção de xilanases. Aplicação na panificação. Purificação e caracterização. Enzimas halotolerantes.

ABSTRACT

Xylanases are enzymes that have a range of biotechnological applications, such as enzymatic hydrolysis of lignocellulosic biomass for ethanol production, bleaching of Kraft paper pulp, in animal feed, in the food industry as an additive to improve the quality of breads, clarification of juices, among others. This variety of applications is due to the action of xylanases on the xylose residues of the xylan main chain, the second main component of the plant cell wall, releasing xylooligosaccharides. The range of applications gives xylanases an outstanding economic position and great scientific exploration, mainly in the search for stable or tolerant xylanases to extreme physicochemical conditions, such as high temperature, pH or salinity. This study shows, for the first time, the production, purification and application of xylanases of *Aspergillus hortae*, a fungus isolated from saline lagoons in the Pantanal region of Mato Grosso do Sul, Brazil. The xylanases production was carried out using corn cobs as a substrate. After an experimental design, optimum culture conditions were pH 5.36 and 35 °C. The xylanases characterized in the culture filtrate presented optimum pH and temperature of 6.5 and 55 °C as well as stability at pH 3.0 to 8.0 and almost 70% of the activity was still present after 5 h incubation of the filtrate at 50 °C. The application of the culture filtrate in the bread production resulted in a reduction of the firmness of the crumb, causing an anti-stalling effect, which is a positive factor when considering the shelf life of the bread. The culture filtrate produced under the conditions described above was subjected to purification tests, which included chromatographic steps in cationic and anionic exchangers as well as exclusion chromatography, resulting in the purification of three xylanases, Xyl I, Xyl II and Xyl III, with molecular mass of 33, 25 and 29 kDa, respectively. The optimum pH of the purified enzymes was around 6.0-6.5 and the optimum temperature 55 °C, except for Xyl III which was at 65 °C. The three enzymes presented interesting tolerance and stability to NaCl, especially Xyl I, which was activated mainly at 4 M NaCl, as well as remained stable at 177%, 75% and 58%, respectively, when incubated at 2 M NaCl for 3 h at 25 °C. The results of this work indicate the potential application of these enzymes in industrial processes such as baking and also processes that require stability in more extreme pH and salinity ranges, such as bleaching of Kraft paper pulp and preparation of foods derived from seafood, respectively.

Keywords: *Aspergillus hortae*. Production of xylanases. Application in baking. Purification and Characterization. Halotolerant enzymes.

LISTA DE FIGURAS

Revisão Bibliográfica

Figura 1: Estrutura da parede celular vegetal dos resíduos agroindustriais.....	21
Figura 2: Estrutura geral do xilano mostrando as possíveis ligações encontradas na parede celular de plantas.....	23
Figura 3: Estrutura dos xilanos de dicotiledôneas e gramíneas.....	24
Figura 4: Perfil de degradação do xilano e pontos onde as enzimas atuam.....	27
Figura 5: Mecanismo de reação das xilanases.....	39
Figura 6: Esquema hipotético da regulação do complexo xilanolítico envolvendo endoxilanase e β -xilosidase.....	30
Figura 7: Funcionalidades de endoxilanase na produção de pão.....	37
Figura 8: Classificação do arabinoxilano da farinha de trigo de acordo com a solubilidade em água.....	38
Figura 9: <i>Aspergillus hortae</i> . Colônias incubadas a 25 °C por 7 dias em meio CYA.....	47
Figura 10: Mapa de localização da região da Nhecolândia.....	48

Capítulo 01

Figura 1: Time-course of xylanase production by <i>A. hortae</i>	59
Figura 2. Response surface curve (a) and contour plot (b) of the combined effects of pH and temperature on the xylanase activity by <i>A. hortae</i>	62
Figura 3: Influence of pH (a) and temperature (b) on the xylanase activity and pH (c) stability and thermostability (d) of crude filtrate from <i>Aspergillus hortae</i>	64
Figura 4: Control bread (a) and bread added xylanase (b).....	69

Capítulo 02

Figura 1: Macro and micro morphological characteristics of <i>Aspergillus hortae</i> isolated from saline lakes of Nhecolândia, Mato Grosso do Sul, Brazil.....	80
Figura 2: Phylogenetic tree of <i>Aspergillus</i> species and the fungus under study denoted in the bold clade.....	81
Figure 3: Elution profile of <i>A. hortae</i> xylanases from CM Sephadex C-50 column.....	82
Figura 4: Elution profile of <i>A. hortae</i> Xyl I xylanase from DEAE Sephadex A-50 column chromatography.....	83
Figure 5: Gel filtration on Sephadex G-75 of the Xyl I from <i>A. hortae</i>	83
Figure 6: Gel filtration on Sephadex G-75 of the Xyl II from <i>A. hortae</i>	84
Figure 7: Gel filtration on Sephadex G-75 of the Xyl III from <i>A. hortae</i>	85
Figure 8: SDS PAGE of purified xylanases from <i>Aspergillus hortae</i>	86

Figure 9: Influence of pH and temperature on the activity of xylanases from <i>A. hortae</i> ...	88
Figure 10: Stability on different pH of xylanases from <i>A. hortae</i>	89
Figure 11:Thermostability of xylanases from <i>A. hortae</i>	90
Figure 12: Thin-layer chromatography of the hydrolysis products of oat spelts xylan by xylanases from <i>A. hortae</i>	95

LISTA DE TABELAS

Revisão Bibliográfica

Tabela 1: Composição lignocelulósica de alguns resíduos e subprodutos agroindustriais..	20
Tabela 2: Recentes pesquisas na aplicação de xilanases.....	34
Tabela 3: Influência da adição de xilanase nos parâmetros de qualidade do pão.....	41

Capítulo 01

Table 1. Effect of different carbon source on xylanase production by <i>A. hortae</i>	57
Table 2: Experimental design and results of the 2 ² factorial design.....	60
Table 3: Regression analysis of the 2 ² factorial design.....	61
Table 4: Analysis of variance (ANOVA) for the second order polynomial models.....	61
Table 5: Farinographic and alveographic parameters and pasting properties of the control formulation (wheat flour) and of the xylanase added formulation (xylanase + wheat flour).....	67
Table 6: Technological parameters of the loaves.....	68

Capítulo 02

Table 1: Purification steps of xylanases from <i>A. hortae</i>	82
Table 2: Substrate specificity of xylanases from <i>A. hortae</i>	89
Table 3: Kinect parameters of xylanases from <i>A. hortae</i>	91
Table 4: Effect on ions and substances on Xyl II and Xyl III activity.....	92
Table 5: Xylanases activities and stability on NaCl of xylanases from <i>A. hortae</i>	94

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 Objetivo geral	16
2.2 Objetivos específicos:	16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
3.1 Biomassa lignocelulósica.....	17
3.1.1 <i>Estimativa da geração de resíduos provenientes das principais atividades agrícolas e agroindustriais do Brasil e benefícios do reaproveitamento desta biomassa.....</i>	<i>17</i>
3.1.3 <i>Aspectos estruturais e moleculares da biomassa lignocelulósica.....</i>	<i>19</i>
3.1.4 <i>Hidrólise da biomassa lignocelulósica</i>	<i>24</i>
3.2 Xilanases.....	25
3.2.1 <i>Complexo xilanolítico</i>	<i>25</i>
3.2.2 <i>Estrutura, classificação e modo de ação.....</i>	<i>26</i>
3.2.3 <i>Regulação da produção de xilanases.....</i>	<i>30</i>
3.2.4 <i>Multiplicidades de xilanases em microrganismos.....</i>	<i>31</i>
3.2.5 <i>Recentes abordagens na aplicação de xilanases</i>	<i>34</i>
3.2.6 <i>Aplicação de xilanases na produção de pão</i>	<i>36</i>
3.3 Planejamento Experimental como ferramenta na otimização da produção de xilanases ..	42
3.4 Fungos produtores de xilanases, condições de cultivo e propriedades destas enzimas	43
3.5 Microrganismo de estudo: <i>Aspergillus hortae</i>, primeiro relato da espécie como produtora de xilanases	46
4 CAPÍTULO 1: Production, physical-chemical properties and breadmaking application of <i>Aspergillus hortae</i> xylanases	49
4.1 ABSTRACT	50
4.2 INTRODUCTION.....	51
4.3 MATERIAL AND METHODS.....	52
4.3.1 Microorganism	52
4.3.2 Culture conditions and preparation of crude extracts.....	52
4.3.3 Effect of carbon source	53
4.3.4 Xylanase assay	53
4.3.5 Protein determination	53
4.3.6 Effect of culture time and agitation on xylanase production	53
4.3.7 Effect of pH and temperature on xylanase production.....	54
4.3.8 Optimum pH and temperature and stability of crude filtrate from <i>A. hortae</i>.....	54
4.3.9 Breadmaking application	55
4.3.9.1 <i>Ingredients.....</i>	<i>55</i>

4.3.9.2 Rheological properties	55
4.3.9.3 Xylanases extract preparation.....	55
4.3.9.4 Bread formulation	55
4.3.9.5 Preparation of breads	56
4.3.9.6 Evaluation of the breads	56
4.3.9.7 Statistical analysis.....	56
4.4 RESULTS AND DISCUSSION.....	57
4.4.1 Influence of the carbon source on xylanase production.....	57
4.4.2 Optimization of culture conditions	58
4.4.2.1 Time course of xylanase production by <i>A. hortae</i> in static and shaking conditions	58
4.4.2.2 Response surface methodology (RSM) for optimizing xylanase production	60
4.4.3 Properties of the xylanases present in crude extract.....	63
4.4.3.1 Optimum pH and temperature.....	63
4.4.3.2 pH and temperature stability.....	65
4.4.4 Breadmaking application	66
4.4.4.1 Rheological properties	66
4.4.4.1 Evaluation of the breads	67
4.5 CONCLUSION.....	70
5 CAPÍTULO 2: Halotolerant xylanases of <i>Aspergillus hortae</i> isolated from saline environment: purification and partial characterization.....	71
5.1 ABSTRACT	72
5.2 INTRODUCTION.....	73
5.3 MATERIALS AND METHODS.....	74
5.3.1 Fungal identification	74
5.3.2 Culture conditions and filtrate obtention.....	75
5.3.3 Enzyme assay	76
5.3.4 Protein and carbohydrate determination.....	76
5.3.5 Purification	76
5.3.5.1 General procedures.....	76
5.3.5.2 Chromatography steps	77
5.3.6 Biochemical characterization of purified xylanases	77
5.3.6.1 Molecular mass determination.....	77
5.3.6.2 Electrophoresis.....	77
5.3.6.3 Optima pH and temperature, thermal and pH stability	78
5.3.6.4 Effect of ions and substances on xylanase activity.....	78
5.3.6.5 Effect of NaCl on xylanases activity and stability	78

5.3.6.6 Substrate specificity and kinetic parameters	79
5.3.6.7 Hydrolysis products.....	79
5.4 RESULTS AND DISCUSSION.....	79
5.4.1 Fungal identification and phylogenetic analysis.....	79
5.4.2 Purification of <i>Aspergillus hortae</i> xylanases.....	81
5.4.3 Physico-chemical characterization of xylanases from <i>A. hortae</i>	86
5.4.3.1 Molecular mass	86
5.4.3.2 Effect of pH and temperature	87
5.4.3.3 Substrate specificity and kinetic parameters	89
5.4.3.4 Effect of metallic ions and substances.....	91
5.4.3.5 Effect of NaCl on xylanases activities and stability	93
5.4.3.6 Hydrolysis products.....	95
5.5 CONCLUSION.....	96
5.6 SUPPLEMENTARY MATERIAL	96
6.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS	97
REFERÊNCIAS	98

1 INTRODUÇÃO

A crescente necessidade de tornar os processos industriais mais vantajosos quanto aos aspectos de rendimento, operacionalidade e, conseqüentemente, competitividade encontra, principalmente nos últimos anos, desafios perante a coerência com o que é ecologicamente correto. Sob esta perspectiva, cada vez mais as indústrias se interessam não apenas por métodos e substâncias com implicação direta nos parâmetros que determinarão a produtividade e lucratividade, mas também pelos métodos de reaproveitamento de resíduos ou subprodutos, principalmente os de origem agroindustriais, oriundos da biomassa lignocelulósica.

Neste contexto, as enzimas microbianas como ferramentas da biotecnologia têm exibido aplicações no atendimento dos interesses conjuntos de aprimoramento dos processos industriais, reaproveitamento de resíduos, minimização dos impactos causados pela liberação dos mesmos no ambiente e conseqüente cumprimento das exigências de fiscalização ambiental.

Devido à intensa exploração e a gama de aplicações dessas enzimas, este mercado tem apresentado crescimento progressivo. O segmento movimentou em 2014, valores da ordem de 4,2 bilhões de dólares e espera-se que se desenvolva a uma taxa composta de crescimento anual de 7% no período de 2015 a 2020 para chegar a aproximadamente 6,2 bilhões de dólares (SINGH et al., 2016). O Brasil, por outro lado, apesar da diversidade ambiental e do grande potencial de bioprospecção e descoberta de microrganismos produtores de enzimas de interesse biotecnológico, tem contribuído com pequena fatia desse mercado (DE GODOY DAIHA et al., 2016). Segundo BON e colaboradores (2008), o país contribuiu com apenas 3,7% do mercado internacional em 2005. A pequena participação brasileira e a predominância das importações indicam uma situação de desvantagem tecnológica e estratégica em termos de produção e uso destes biocatalisadores no país (BON et al., 2008; DE GODOY DAIHA et al., 2016). Tal contexto necessita ser revertido, principalmente devido ao grande potencial de bioprospecção e desenvolvimento de patentes através da aplicação de enzimas microbianas em processos industriais. Isso torna de extrema importância iniciativas governamentais de apoio ao desenvolvimento dessas tecnologias, como a Política de Desenvolvimento da Biotecnologia, que considera em suas diretrizes as enzimas industriais como áreas prioritárias (BRASIL, 2007).

As xilanases ou 4-β-D-xylan xylohydrolases (EC 3.2.1.8) são amplamente estudadas pela diversidade de aplicações industriais graças à capacidade de hidrolisar o xilano, o segundo

principal componente da biomassa vegetal. Dentre as aplicações das xilanases, uma delas é na panificação a fim de melhorar os aspectos reológicos da massa, volume do pão.

Apesar das inúmeras pesquisas com xilanases obtidas a partir do cultivo de microrganismos em resíduos ou subprodutos agroindustriais bem como sua aplicação em diferentes processos industriais, ainda é importante a descoberta de enzimas que sejam tolerantes a determinadas condições de temperatura, pH, salinidade e outras inúmeras propriedades requeridas por uma gama de processos industriais nos quais elas são empregadas. Assim, a produção, purificação e caracterização de xilanases termotolerantes, halotolerantes ou alcalinotolerantes merece destaque, evidenciado pelas inúmeras pesquisas e prospecção de microrganismos em ambientes extremófilos. Desta forma, o presente trabalho mostrou, pela primeira vez, a produção, purificação, caracterização e aplicação de xilanases de *Aspergillus hortae* isolado de lagoas salinas do Pantanal Mato-Grossense.

6.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A primeira parte deste trabalho compreendeu a otimização da produção de xilanases por uma espécie de fungo isolada de lagoa salina da região da Nhecolândia, no Mato Grosso do Sul, a qual foi posteriormente identificada como *Aspergillus hortae*. A produção de xilanases foi avaliada em diferentes fontes de carbono, especialmente resíduos agroindustriais, sendo o sabugo de milho, o melhor substrato analisado. A caracterização do filtrado de cultura, mostrou atividade ótima em pH 6,5 e 55 °C, estabilidade em pH 3,0 a 9,0 bem como boa estabilidade a 50 °C, mantendo mais de 67% da atividade por 5 horas. O filtrado de cultura contendo xilanases foi aplicado na produção da massa panificada, as sutis melhorias observadas com a adição do filtrado de cultura contendo xilanases na produção de pão, podem ser devido ao tipo de farinha empregado ou ainda ao fato de que, como evidenciado no capítulo 02, as xilanases presentes no filtrado, apresentaram atividade ótima em pH não muito ácido bem como temperatura ótima mais elevada quando o ideal para aplicação em pão seria a utilização de xilanases mais ácidas e com temperatura ótima em torno de 35 °C que é a temperatura de preparação da massa do pão. A segunda parte do trabalho mostrou, pela primeira vez, a purificação das xilanases presentes no filtrado de cultura de *A. hortae*, bem como a caracterização de suas principais propriedades físico-químicas. Foram purificadas três xilanases, Xyl I, Xyl II e Xyl III em poucas etapas cromatográficas. As características bioquímicas destas enzimas, pH ótimo levemente ácido, a temperaturas ótimas mais elevadas 55-65°C bem como estabilidade em ampla faixa de pH e termoestabilidade a 55°C por longo período indicam potencial de aplicação em diversos processos industriais. Além disso, as enzimas apresentaram halofilicidade e halotolerância, característica pouco reportada na literatura para enzimas produzidas por fungos. A atividade de Xyl I foi ativada em todas as concentrações de sal analisadas, 0,5 M a 4 M, e Xyl II e Xyl III apresentaram 85% e 58% de atividade a 2 M de NaCl. Por fim, as enzimas produzidas e purificadas a partir do filtrado de *A. hortae* podem apresentar diferentes aplicações industriais, como na composição de alimentos derivados de frutos do mar, no processo de sacarificação da biomassa com possibilidade reaproveitamento de águas devido ao fato da enzima ser estável a diversos íons bem como condições de salinidade, não necessitando de água purificada para permanecer ativa.

REFERÊNCIAS

- AACC (2010). American Association of Cereal Chemists. Approved methods. (11th ed.). St. Paul.
- ABDEL-MONEM, O. A.; EL-BAZ, A. F.; SHETAIA, Y. M.; EL-SABBAGH, S. M. Production and application of thermostable cellulase-free xylanase by *Aspergillus fumigatus* from agricultural wastes. **Industrial Biotechnology**, v. 8, n. 3, p. 152-161, 2012.
- ABDEL-SATER, M. A.; EL-SAID, A. H. M. Xylan-decomposing fungi and xylanolytic activity in agricultural and industrial wastes. **International biodeterioration & biodegradation**, v. 47, n. 1, p. 15-21, 2001.
- ABIB – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIAS DA BIOMASSA. **Inventário residual Brasil**. 2011. Disponível em: <<http://pt.calameo.com/accounts/200968>>. Acesso em: 28 mar. 2016
- ABIP. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PANIFICAÇÃO E CONFEITARIA. **Indicadores**. 2009. Disponível em: <http://www.abip.org.br/perfil_internas.aspx?cod=35>. Acesso em: 20 jan. 2015
- ADSUL, M. G.; BASTAWDE, K. B.; GOKHALE, D. V. Biochemical characterization of two xylanases from yeast *Pseudozyma hubeiensis* producing only xylooligosaccharides. **Bioresource technology**, v. 100, n. 24, p. 6488-6495, 2009.
- AHMAD, Z.; BUTT, M.S.; AHMED, A.; RIAZ, M.; SABIR, S.M.; FAROOQ, U.; REHMAN, F.U. Effect of *Aspergillus niger* xylanase on dough characteristics and bread quality attributes. **Journal of food science and technology**, v. 51, n. 10, p. 2445-2453, 2014.
- AHMED, S.A; SALEH, S.A.; MOSTAFA, F.A.; EL ATY, A.A.; AMMAR, H.A. Characterization and valuable applications of xylanase from endophytic fungus *Aspergillus terreus* KP900973 isolated from *Corchorus olitorius*. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 7, p. 134-144, 2016.
- AMORE, A.; PARAMESWARAN, B.; KUMAR, R.; BIROLO, L.; VINVIGUERRA, R.; MARCOLONGO, L;...FARACO, V. Application of a new xylanase activity from *Bacillus amyloliquefaciens* XR44A in brewer's spent grain saccharification. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v. 90, n. 3, p. 573-581, 2015.
- ASHOUR, A.; AMER, M.; MARZOUK, A.; SHIMIZU, K.; KONDO, R.; EL-SHARKAWY. S. Corncobs as a potential source of functional chemicals. **Molecules**, v. 18, n. 11, p. 13823-13830, 2013.
- ARAGON, C. C.; MATEO, C.; RUIZ-MATUTE, A. I.; CORZO, N.; FERNANDEZ-LORENTE, G.; SEVILLANO, L.; DÍAZ, M.; MONTI, R.; SANTAMARÍA. Production of xylo-oligosaccharides by immobilized-stabilized derivatives of endo-xylanase from *Streptomyces halstedii*. **Process Biochemistry**, v. 48, n. 3, p. 478-483, 2013.

ARO, N.; PAKULA, T.; PENTTILÄ, M. Transcriptional regulation of plant cell wall degradation by filamentous fungi. **FEMS microbiology reviews**, v. 29, n. 4, p. 719-739, 2005.

ARORA, R.; BEHERA, S.; KUMAR, S. Bioprospecting thermophilic/thermotolerant microbes for production of lignocellulosic ethanol: a future perspective. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 51, p. 699-717, 2015.

BAGBY, M.O.; WIDSTROM, N.W., 1987. Biomass uses and conversions. In: Watson, S. A.; RAMSTAD, P.E., (Eds.). **Corn: Chemistry and Technology**, American Association of Cereal Chemists Ins., St. Paul, MN, USA, pp. 575–590

BAI, W.; XUE, Y.; ZHOU, C.; MA, Y. Cloning, expression and characterization of a novel salt-tolerant xylanase from *Bacillus* sp. SN5. **Biotechnology letters**, v. 34, n. 11, p. 2093-2099, 2012.

BADHAN, A. K.; CHADHA, B. S.; SONIA, K. G.; SAINI, H. S.; BHAT, M. K. Functionally diverse multiple xylanases of thermophilic fungus *Myceliophthora* sp. IMI 387099. **Enzyme and microbial technology**, v. 35, n. 5, p. 460-466, 2004.

BANKEEREE, W.; LOTRAKUL, P.; PRASONGSUK, S.; CHAIAREEKIJ, S.; EVELEIGH, D. E.; KIM, S. W.; PUNNAPAYAK, H. Effect of polyols on thermostability of xylanase from a tropical isolate of *Aureobasidium pullulans* and its application in prebleaching of rice straw pulp. **SpringerPlus**, v. 3, n. 1, p. 1, 2014.

BARRY, V. C.; DILLON, T. Occurrence of xylans in marine algae. **Nature**, v. 146, n. 620, p. 3692-3696, 1940.

BEG, Q.; KAPOOR, M.; MAHAJAN, L.; HOONDAL, G. S. Microbial xylanases and their industrial applications: a review. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 56, n. 3-4, p. 326-338, 2001.

BIELY, P. Biotechnological potential and production of xylanolytic systems free of cellulases. **ACS Symposium Series**, v. 460, p. 408-416, 1991.

BIELY, P.; VRŠANSKÁ, M.; TENKANEN, M.; KLUEPFEL, D. Endo- β -1, 4-xylanase families: differences in catalytic properties. **Journal of biotechnology**, v. 57, n. 1, p. 151-166, 1997.

BIELY, Peter. Microbial carbohydrate esterases deacetylating plant polysaccharides. **Biotechnology advances**, v. 30, n. 6, p. 1575-1588, 2012.

BIELY, P.; SINGH, S.; PUCHART, V. Towards enzymatic breakdown of complex plant xylan structures: State of the art. **Biotechnology Advances**, v. 34, n. 7, p. 1260-1274, 2016.

BELOVA, O. V.; LISOV, A. V.; VINOKUROVA, N. G.; KOSTENEVICH, A. A.; SAPUNOVA, L. I.; LOBANOK, A. G.; LEONTIEVSKY, A. A. Xylanase and cellulase of fungus *Cerrena unicolor* VKM F-3196: production, properties, and applications for the

saccharification of plant material. **Applied biochemistry and microbiology**, v. 50, n. 2, p. 148-153, 2014.

BHUSHAN, B.; PAL, A.; KUMAR, S.; JAIN, V. Biochemical characterization and kinetic comparison of encapsulated haze removing acidophilic xylanase with partially purified free xylanase isolated from *Aspergillus flavus* MTCC 9390. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 1, p. 191-200, 2015.

BON, E. P. S.; COSTA, R.B.; DA SILVA, M.V.A.; FERREIRA-LEITÃO, V.S.; FREITAS, S.P.; FERRARA, M.A. Mercado e perspectivas de uso de enzimas industriais e especiais no Brasil. In: BON, E.P.S.; FERRARA, M.A.; CORVO, M.L. **Enzimas em Biotecnologia: Produção, aplicações e mercado**. Interciência Ltda: Rio de Janeiro, 2008.

BOUCHERBA, N.; GAGAOUA, M.; COPINET, E.; BETTACHE, A.; DUCHIRON, F.; BENALLAOUA, S. Purification and characterization of the xylanase produced by *Jonesia denitrificans* BN-13. **Applied biochemistry and biotechnology**, v. 172, n. 5, p. 2694-2705, 2014.

BORUAH, P.; DOWARAH, P.; HAZARIKA, R.; YADAV, A.; BARKAKATI, P.; GOSWAMI, T. Xylanase from *Penicillium meleagrinum* var. *viridiflavum*—a potential source for bamboo pulp bleaching. **Journal of Cleaner Production**, v. 116, p. 259-267, 2016.

BRASIL. **Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União 2010; 3 ago. Disponível em: http://www.mnrc.org.br/box_2/instrumentos-juridicos/leis-edecretos-federais/Lei%20%2012.305-2010%20Politica%20de%20Residuos%20Solidos.pdf/view. Acesso em: 04 dez. 2015.

BRASIL. **Decreto nº 6.041, de 8 de fevereiro de 2007**. Institui a política de desenvolvimento da biotecnologia, cria o Comitê Nacional de Biotecnologia e dá outras providências. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, 8 fev. 2007. Seção 1, p1. Disponível em: < https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6041.htm >. Acesso em: mar. 2013.

BRASIL. Ministério do Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Anuário Estatístico do Agronegócio – Secretaria de Produção e Agroenergia**. Brasília: Mapa, 2010c. 78 p.

BRIENZO, M.; FIKIZOLO, S.; BENJAMIN, Y.; TYHODA, L.; GÖRGENS, J. Influence of pretreatment severity on structural changes, lignin content and enzymatic hydrolysis of sugarcane bagasse samples. **Renewable Energy**, v. 104, p. 271-280, 2017.

BRIENZO, M.; TYHODA, L.; BENJAMIN, Y.; GÖRGENS, J. Relationship between physicochemical properties and enzymatic hydrolysis of sugarcane bagasse varieties for bioethanol production. **New biotechnology**, v. 32, n. 2, p. 253-262, 2015.

BUTT, M. S.; TAHIR-NADEEM, M.; AHMAD, Z.; SULTAN, M. T. Xylanases and their applications in baking industry. **Food Technology and Biotechnology**, v. 46, n. 1, p. 22-31, 2008.

BUZAŁA, K. P.; PRZYBYSZ, P.; KALINOWSKA, H.; DERKOWSKA, M. Effect of Cellulases and Xylanases on Refining Process and Kraft Pulp Properties. **PloS one**, v. 11, n. 8, p. e0161575, 2016.

CABALLERO, P. A.; GÓMEZ, M.; ROSELL, C. M. Improvement of dough rheology, bread quality and bread shelf-life by enzymes combination. **Journal of food engineering**, v. 81, n. 1, p. 42-53, 2007.

CAMACHO, N. A.; AGUILAR, G. Production, purification, and characterization of a low-molecular-mass xylanase from *Aspergillus* sp. and its application in baking. **Applied biochemistry and biotechnology**, v. 104, n. 3, p. 159-171, 2003.

CARLI, S. **Purificação, caracterização bioquímica e potencial de aplicação biotecnológica de uma xilanase halotolerante e termoestável de *Colletotrichum graminicola***. 2016. 123 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2016.

CARMONA, E. C.; BROCHETTO-BRAGA, M. R.; PIZZIRANI-KLEINER, A. A.; JORGE, J. A. Purification and biochemical characterization of an endoxylanase from *Aspergillus versicolor*. **FEMS microbiology letters**, v. 166, n. 2, p. 311-315, 1998.

CARVALHO, E. A.; DOS SANTOS GÓES, L. M.; UETANABARO, A. P. T.; DA SILVA, E. G. P.; RODRIGUES, L. B.; PIROVANI, C. P.; DA COSTA, A. M. Thermoresistant xylanases from *Trichoderma stromaticum*: Application in bread making and manufacturing xylo-oligosaccharides. **Food Chemistry**, v. 221, p. 1499-1506, 2017.

CHEN, Q.; LI, M.; WANG, Xiong. Enzymology properties of two different xylanases and their impacts on growth performance and intestinal microflora of weaned piglets. **Animal Nutrition**, v. 2, n. 1, p. 18-23, 2016.

CHIDI, S. B.; GODANA, B.; NCUBE, I.; VAN RENSBURG, E. J.; CRONSHAW, A.; ABOTSI, E. K. Production, purification and characterization of cellulase-free xylanase from *Aspergillus terreus* UL 4209. **African Journal of Biotechnology**, v. 7, n. 21, 2008.

CHUTANI, P.; SHARMA, K. K. Biochemical evaluation of xylanases from various filamentous fungi and their application for the deinking of ozone treated newspaper pulp. **Carbohydrate polymers**, v. 127, p. 54-63, 2015.

CHUTANI, P.; SHARMA, K. K. Concomitant production of xylanases and cellulases from *Trichoderma longibrachiatum* MDU-6 selected for the deinking of paper waste. **Bioprocess and biosystems engineering**, v. 39, n. 5, p. 747-758, 2016.

COELHO, G. D.; CARMONA, E. C. Xylanolytic complex from *Aspergillus giganteus*: production and characterization. **Journal of basic microbiology**, v. 43, n. 4, p. 269-277, 2003.

COLABARDINI, A.; HUMANES, A. C.; GOUVEA, P. F.; SAVOLDI, M.; GOLDMAN, M. H. S.; VON ZESKA KRESS, M. R.; GOLDMAN, G. H. Molecular characterization of the *Aspergillus nidulans* fbxA encoding an F-box protein involved in xylanase induction. **Fungal Genetics and Biology**, v. 49, n. 2, p. 130-140, 2012.

COLLINS, T.; GERDAY, C.; FELLER, G. Xylanases, xylanase families and extremophilic xylanases. **FEMS microbiology reviews**, v. 29, n. 1, p. 3-23, 2005.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acomp. da safra bras. de cana-de-açúcar, v. 3 – Safra 2016/17, n. 3 - Terceiro Levantamento, Brasília, p. 1-74, dez. 2016. Disponível em: <
http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_12_27_16_30_01_boletim_cana_p_ortugues_-3o_lev_-_16-17.pdf>. Acesso em: 01 jan. 2017.

COURTIN, C. M.; GELDERS, G. G.; DELCOUR, J. A. Use of two endoxylanases with different substrate selectivity for understanding arabinoxylan functionality in wheat flour breadmaking. **Cereal chemistry**, v. 78, n. 5, p. 564-571, 2001.

COURTIN, C. M.; DELCOUR, J. A. Arabinoxylans and endoxylanases in wheat flour bread making. **Journal of cereal science**, v. 35, n. 3, p. 225-243, 2002.

DAMEN, B.; POLLET, A.; DORNEZ, E.; BROEKAERT, W. F.; VAN HAESENDONCK, I.; TROGH, I.;...COURTIN, C. M. Xylanase-mediated in situ production of arabinoxylan oligosaccharides with prebiotic potential in whole meal breads and breads enriched with arabinoxylan rich materials. **Food Chemistry**, v. 131, n. 1, p. 111-118, 2012.

DARRIBA, D.; TABOADA, G. L.; DOALLO, R.; POSADA, D. jModelTest 2: more models, new heuristics and parallel computing. **Nature methods**, v. 9, n. 8, p. 772-772, 2012.

DE ALMEIDA, T. I. R.; SÍGOLO, J. B.; FERNANDES, E.; NETO, J. P. D. Q.; BARBIERO, L.; SAKAMOTO, A. Y. Proposta de classificação e gênese das lagoas da baixa Nhecolândia-MS com base em sensoriamento remoto e dados de campo. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n. suppl. 2, p. 83-90, 2016.

DE CARVALHO PEIXOTO-NOGUEIRA, S.; MICHELIN, M.; BETINI, J. H. A.; JORGE, J. A.; TERENCE, H. F.; DE MORAES, M. D. L. T. Production of xylanase by *Aspergilli* using alternative carbon sources: application of the crude extract on cellulose pulp biobleaching. **Journal of industrial microbiology & biotechnology**, v. 36, n. 1, p. 149-155, 2009.

DE GODOY DAIHA, K.; BRÊDA, G. C.; LARENTIS, A. L.; FREIRE, D. M. G.; ALMEIDA, R. V. Enzyme technology in Brazil: trade balance and research community. **Brazilian Journal of Science and Technology**, v. 3, n. 1, p. 17, 2016.

DERVILLY, G.; LECLERCQ, C.; ZIMMERMANN, D.; ROUE, C.; THIBAUT, J. F.; SAULNIER, L. Isolation and characterization of high molar mass water-soluble arabinoxylans from barley and barley malt. **Carbohydrate polymers**, v. 47, n. 2, p. 143-149, 2002.

DESAI, D.; IYER, B. D. Biodeinking of old newspaper pulp using a cellulase-free xylanase preparation of *Aspergillus niger* DX-23. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 5, p. 78-85, 2016.

DE SIQUEIRA, F. G.; FERREIRA, F.; XIMENES, E. Plant cell wall as a substrate for the production of enzymes with industrial applications. **Mini-Reviews in Organic Chemistry**, v. 7, n. 1, p. 54-60, 2010.

DE SIQUEIRA, F. G.; DE SIQUEIRA, E. G.; JARAMILLO, P. M. D.; SILVEIRA, M. H. L.; ANDREAUS, J.; COUTO, F. A.; ...FERREIRA FILHO, E. X. The potential of agro-industrial residues for production of holocellulase from filamentous fungi. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 64, n. 1, p. 20-26, 2010.

DE SIQUEIRA, F. G.; FERREIRA, F.; XIMENES, E. Plant cell wall as a substrate for the production of enzymes with industrial applications. **Mini-Reviews in Organic Chemistry**, v. 7, n. 1, p. 54-60, 2010.

DESHMUKH, R. A.; JAGTAP, S.; MANDAL, M. K.; MANDAL, S. K. Purification, biochemical characterization and structural modelling of alkali-stable β -1, 4-xylan xylanohydrolase from *Aspergillus fumigatus* R1 isolated from soil. **BMC biotechnology**, v. 16, n. 1, p. 11, 2016.

DE SOUZA MOREIRA, L. R.; DE CARVALHO CAMPOS, M.; DE SIQUEIRA, P. H. V. M.; SILVA, L. P.; RICART, C. A. O., MARTINS, P. A., ...FERREIRA FILHO, E. X Two β -xylanases from *Aspergillus terreus*: characterization and influence of phenolic compounds on xylanase activity. **Fungal Genetics and Biology**, v. 60, p. 46-52, 2013.

DEUTSCHMANN, R.; DEKKER, R. F. H. From plant biomass to bio-based chemicals: latest developments in xylan research. **Biotechnology Advances**, v. 30, n. 6, p. 1627-1640, 2012.

DHAKAR, K.; PANDEY, A. Wide pH range tolerance in extremophiles: towards understanding an important phenomenon for future biotechnology. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 100, n. 6, p. 2499-2510, 2016.

DODD, D; CANN, I. K. O. Enzymatic deconstruction of xylan for biofuel production. **GCB Bioenergy**, v. 1, n. 1, p. 2-17, 2009.

DORNEZ, E.; VERJANS, P.; ARNAUT, F.; DELCOUR, J. A.; COURTIN, C. M DORNEZ, E. Use of psychrophilic xylanases provides insight into the xylanase functionality in bread making. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 59, n. 17, p. 9553-9562, 2011.

DUBOIS, M. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical chemistry**, v. 28, n. 3, p. 350-356, 1956.

DUENAS, R.; TENDERDY, R. P.; GUTIERREZ-CORREA, M. Cellulase production by mixed fungi in solid-substrate fermentation of bagasse. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 11, n. 3, p. 333-337, 1995.

EBRINGEROVA, A.; HEINZE, T. Xylan and xylan derivatives— biopolymers with valuable properties, naturally occurring xylans structures, isolation procedures and properties. **Macromolecular rapid communications**, v. 21, n. 9, p. 542-556, 2000.

ELGHARBI, F.; HMIDA-SAYARI, A.; ZAAFOURI, Y.; BEJAR, S. Expression of an *Aspergillus niger* xylanase in yeast: Application in breadmaking and in vitro digestion. **International journal of biological macromolecules**, v. 79, p. 103-109, 2015.

EMBRAPA AGROENERGIA. **Biorrefinarias**, Brasília, Folder, 3p, 2011.

FANG, H. Y.; CHANG, S. M.; HSIEH, M. C.; FANG, T. J. Production, optimization growth conditions and properties of the xylanase from *Aspergillus carneus* M34. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, v. 49, n. 1, p. 36-42, 2007.

FANG, H. Y.; CHANG, S. M.; LAN, C. H.; FANG, T. J. Purification and characterization of a xylanase from *Aspergillus carneus* M34 and its potential use in photoprotectant preparation. **Process Biochemistry**, v. 43, n. 1, p. 49-55, 2008.

FIALHO, M. B.; CARMONA, E. C. Purification and characterization of xylanases from *Aspergillus giganteus*. **Folia Microbiologica**, v. 49, n. 1, p. 13-18, 2004.

FLORENCIO, C.; CUNHA, F. M.; BADINO, A. C.; FARINAS, C. S.; XIMENES, E.; LADISCH, M. R. Secretome data from *Trichoderma reesei* and *Aspergillus niger* cultivated in submerged and sequential fermentation methods. **Data in Brief**, 2016.

FONSECA-MALDONADO, R.; VIEIRA, D. S.; ALPONTI, J. S.; BONNEIL, E.; THIBAUT, P.; WARD, R. J. Engineering the pattern of protein glycosylation modulates the thermostability of a GH11 xylanase. **Journal of Biological Chemistry**, v. 288, n. 35, p. 25522-25534, 2013.

FONTANA J.D.; GEBARA M.; BLUMEL M.; SCHNEIDER H.; MACKENZIE C. R.; JOHNSON K.G. α -4-O-Methyl-D-glucuronidase component of xylanolytic complexes. **Methods in Enzymology**, v. 160, p. 560–571, 1988.

GANGA, M. A.; PINAGA, F.; VALLES, S.; RAMÓN, D.; QUEROL, A. Aroma improving in microvinification processes by the use of a recombinant wine yeast strain expressing the *Aspergillus nidulans* xlnA gene. **International journal of food microbiology**, v. 47, n. 3, p. 171-178, 1999.

GARCIA, R. B.; GANTER, J. L.; CARVALHO, R. R. Solution properties of D-xylans from corn cobs. **European Polymer Journal**, v. 36, n. 4, p. 783-787, 2000.

GARG, S. Xylanase: Applications in Biofuel Production. **Current Metabolomics**, v. 4, n. 1, p. 23-37, 2016.

GASPAROTTO, J. M.; WERLE, L. B.; FOLETTO, E. L.; KUHN, R. C.; JAHN, S. L.; MAZUTTI, M. A. Production of cellulolytic enzymes and application of crude enzymatic extract for saccharification of lignocellulosic biomass. **Applied biochemistry and biotechnology**, v. 175, n. 1, p. 560-572, 2015.

GÍRIO, F. M.; FONSECA, C.; CARVALHEIRO, F.; DUARTE, L. C.; MARQUES, S.; BOGEL-ŁUKASIK, R. Hemicelluloses for fuel ethanol: a review. **Bioresource technology**, v. 101, n. 13, p. 4775-4800, 2010.

GLASS, N. L.; DONALDSON, G. Development of primer sets designed for use with the PCR to amplify conserved genes from filamentous *Ascomycetes*. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 61, n. 3, 1323–1330. 1995.

GRUPPEN, H.; KORMELINK, F. J. M.; VORAGEN, A. G. J. Enzymic degradation of water-unextractable cell wall material and arabinoxylans from wheat flour. **Journal of Cereal Science**, v. 18, n. 2, p. 129-143, 1993.

GOESAERT, H.; BRIJS, K.; VERAVERBEKE, W. S.; COURTIN, C. M.; GEBRUERS, K.; DELCOUR, J. A. Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. **Food Science & Technology**, v.16, p.12-30, 2005.

GONCALVES, G. A.; TAKASUGI, Y.; JIA, L.; MORI, Y.; NODA, S.; TANAKA, T.; ...KAMIYA, N. Synergistic effect and application of xylanases as accessory enzymes to enhance the hydrolysis of pretreated bagasse. **Enzyme and microbial technology**, v. 72, p. 16-24, 2015.

GONÇALVES, T. A.; DAMÁSIO, A. R. L.; SEGATO, F.; ALVAREZ, T. M.; BRAGATTO, J.; BRENELLI, L. B.; ... PRADE, R. A. Functional characterization and synergic action of fungal xylanase and arabinofuranosidase for production of xylooligosaccharides. **Bioresource technology**, v. 119, p. 293-299, 2012.

GUERRIERO, G.; HAUSMAN, J. F.; STRAUSS, J.; ERTAN, H.; SIDDIQUI, K. S. Lignocellulosic biomass: biosynthesis, degradation, and industrial utilization. **Engineering in Life Sciences**, v. 16, n. 1, p. 1-16, 2016.

GUPTA, V. K.; KUBICEK, C. P.; BERRIN, J. G.; WILSON, D. W.; COUTURIER, M.; BERLIN, A.; ...EZEJI, T. Fungal Enzymes for Bio-Products from Sustainable and Waste Biomass. **Trends in biochemical sciences**, 2016.

HALL, T. A. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. **Nucleic Acids Symposium Series**, Oxford, v. 41, [s.n.], p. 95-98, 1999.

HAROS, M.; ROSELL, C. M.; BENEDITO, C. Improvement of flour quality through carbohydrases treatment during wheat tempering. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 50, n. 14, p. 4126-4130, 2002.

HARRIS, A. D.; RAMALINGAM, C. Xylanases and its application in food industry: a review. **Journal of Experimental Sciences**, v. 1, n. 7, 2010.

HE, H.; QIN, Y.; LI, N.; CHEN, G.; LIANG, Z. Purification and Characterization of a Thermostable Hypothetical Xylanase from *Aspergillus oryzae* HML366. **Applied biochemistry and biotechnology**, v. 175, n. 6, p. 3148-3161, 2015.

HENRISSAT, B.; DAVIES, G. Structural and sequence-based classification of glycoside hydrolases. **Current opinion in structural biology**, v. 7, n. 5, p. 637-644, 1997.

HERNÁNDEZ-DOMÍNGUEZ, E. M.; RIOS-LATORRE, R. A.; ÁLVAREZ-CERVANTES, J.; LOERA-CORRAL, O.; ROMÁN-GUTIÉRREZ, A. D.; DÍAZ-GODÍNEZ, G.; MERCADO-FLORES, Y. Xylanases, cellulases, and acid protease produced by *Stenocarpella maydis* grown in solid-state and submerged fermentation. **BioResources**, v. 9, n. 2, p. 2341-2358, 2014.

HMIDA-SAYARI, A.; TAKTEK, S.; ELGHARBI, F.; BEJAR, S. Biochemical characterization, cloning and molecular modeling of a detergent and organic solvent-stable family 11 xylanase from the newly isolated *Aspergillus niger* US368 strain. **Process Biochemistry**, v. 47, n. 12, p. 1839-1847, 2012.

HRMOVÁ, M.; PETRÁKOVÁ, E.; BIELY, P. Induction of cellulose- and xylan-degrading enzyme systems in *Aspergillus terreus* by homo- and heterodisaccharides composed of glucose and xylose. **Microbiology**, v. 137, n. 3, p. 541-547, 1991.

HONG, S. B.; GO, S. J.; SHIN, H. D.; FRISVAD, J.; SAMSON, R.; Polyphasic taxonomy of *Aspergillus fumigatus* and related species. **Mycologia**, v. 97, n. 6, p. 1316-1329, 2005.

HOOD, J. S.; HO, H. L. Optimisation of medium formulation and growth conditions for xylanase production by *Aspergillus brasiliensis* in submerged fermentation (SmF). **International Journal of Biodiversity, Bioprocessing and Development**, v. 2014, 2014.

ICC - INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR CEREAL SCIENCE AND TECHNOLOGY. Rapid pasting method using the Newport Rapid Visco Analyser. Standard n° 162, 1996.

IMJONGJAIKAK, S.; JOMMUENGBOUT, P.; KARPILANONDH, P.; KATSUZAKI, H.; SAKKA, M.; KIMURA, T.; ... SAKKA, K. *Paenibacillus curdlanolyticus* β -6 xylanase Xyn10C capable of producing a doubly arabinose-substituted xylose, α -L-Araf-(1 $\rightarrow$ 2)-[α -l-Araf-(1 $\rightarrow$ 3)]-D-Xylp, from rye arabinoxylan. **Enzyme and microbial technology**, v. 72, p. 1-9, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Grupo de Coordenação de Estatísticas Agropecuárias - GCEA/IBGE, DPE, COAGRO - **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**, Novembro 2016. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Fasciculo/lspa_201611.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo/lspa_201611.pdf)>. Acesso em: dez. 2016.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA 2012. **Diagnóstico dos Resíduos Orgânicos do Setor Agrossilvopastoril e Agroindústrias Associadas**. Brasília, 2012 (Relatório de Pesquisa). Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120917_relatorio_residuos_organicos.pdf>. Acesso em: mai. 2015.

IQBAL, H. M. N.; KYAZZE, G.; KESHAVARZ, T. Advances in the valorization of lignocellulosic materials by biotechnology: an overview. **BioResources**, v. 8, n. 2, p. 3157-3176, 2013.

IRFAN, M.; ASGHAR, U.; NADEEM, M.; NELOFER, R.; SYED, Q. Optimization of process parameters for xylanase production by *Bacillus* sp. in submerged fermentation. **Journal of Radiation Research and Applied Sciences**, v. 9, n. 2, p. 139-147, 2016.

JAEKEL, L. Z.; SILVA, C. B. D.; STEEL, C. J.; CHANG, Y. K. Influence of xylanase addition on the characteristics of loaf bread prepared with white flour or whole grain wheat flour. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 32, n. 4, p. 844-849, 2012.

JARVIS, M. Chemistry: cellulose stacks up. **Nature**, v. 426, n. 6967, p. 611-612, 2003.

JEFFRIES, T. W. Biochemistry and genetics of microbial xylanases. **Current opinion in Biotechnology**, v. 7, n. 3, p. 337-342, 1996.

JIANG, Z.; CONG, Q.; YAN, Q.; KUMAR, N.; DU, X. Characterisation of a thermostable xylanase from *Chaetomium* sp. and its application in Chinese steamed bread. **Food Chemistry**, v. 120, n. 2, p. 457-462, 2010.

JIANG, Z.; LE BAIL, A.; WU, A. Effect of the thermostable xylanase B (XynB) from *Thermotoga maritima* on the quality of frozen partially baked bread. **Journal of Cereal Science**, v. 47, n. 2, p. 172-179, 2008.

JIANG, Z.; LI, X.; YANG, S.; LI, L.; TAN, S. Improvement of the breadmaking quality of wheat flour by the hyperthermophilic xylanase B from *Thermotoga maritima*. **Food research international**, v. 38, n. 1, p. 37-43, 2005.

JIN, N.; MA, S.; LIU, Y.; YI, X.; HE, R.; XU, H.; ...CAO, Y. Thermophilic xylanase production by *Aspergillus niger* in solid state fermentation using wheat straw and corn cob. **African Journal of Microbiology Research**, v. 6, n. 10, p. 2387-239, 2012.

JOSHI, C.; KHARE, S. K. Induction of xylanase in thermophilic fungi *Scytalidium thermophilum* and *Sporotrichum thermophile*. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 55, n. 1, p. 21-27, 2012.

JUTURU, V.; WU, J. C. Insight into microbial hemicellulases other than xylanases: a review. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v. 88, n. 3, p. 353-363, 2013.

JUTURU, V.; WU, J. C. Microbial exo-xylanases: a mini review. **Applied biochemistry and biotechnology**, v. 174, n. 1, p. 81-92, 2014.

KAMAT, S.; KHOT, M.; ZINJARDE, S.; RAVIKUMAR, A.; GADE, W. N. KAMAT, S. Coupled production of single cell oil as biodiesel feedstock, xylitol and xylanase from sugarcane bagasse in a biorefinery concept using fungi from the tropical mangrove wetlands. **Bioresource technology**, v. 135, p. 246-253, 2013.

KAUR, P.; BHARDWAJ, N. K.; SHARMA, J. Pretreatment with xylanase and its significance in hemicellulose removal from mixed hardwood kraft pulp as a process step for viscose. **Carbohydrate polymers**, v. 145, p. 95-102, 2016.

- KATOH, K.; STANDLEY, D. M. MAFFT multiple sequence alignment software version 7: improvements in performance and usability. **Molecular biology and evolution**, v. 30, n. 4, p. 772-780, 2013.
- KIEMLE, S. N.; ZHANG, X.; ESKER, A. R.; TORIZ, G.; GATENHOLM, P.; COSGROVE, D. J. Role of (1, 3)(1, 4)- β -glucan in cell walls: interaction with cellulose. **Biomacromolecules**, v. 15, n. 5, p. 1727-1736, 2014.
- KIM, J. S.; LEE, Y. Y.; KIM, T. H. A review on alkaline pretreatment technology for bioconversion of lignocellulosic biomass. **Bioresource technology**, v. 199, p. 42-48, 2016.
- KOBAKHIDZE, A.; ASATIANI, M.; KACHLISHVILI, E.; ELISASHVILI, V. Induction and catabolite repression of cellulase and xylanase synthesis in the selected white-rot basidiomycetes. **Annals of Agrarian Science**, v. 14, n. 3, p. 169-176, 2016.
- KOBAYASHI, H.; KAIKI, H.; SHROTRI, A.; TECHIKAWARA, K.; FUKUOKA, A. Hydrolysis of woody biomass by a biomass-derived reusable heterogeneous catalyst. **Chemical science**, v. 7, n. 1, p. 692-696, 2016.
- KOCABAS, D. S.; GÜDER, S.; ÖZBEN, N. Purification strategies and properties of a low-molecular weight xylanase and its application in agricultural waste biomass hydrolysis. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, v. 115, p. 66-75, 2015.
- KNOB, A.; FORTKAMP, D.; PROLO, T.; IZIDORO, S. C.; ALMEIDA, J. M. Agro-residues as alternative for xylanase production by filamentous fungi. **BioResources**, v. 9, n. 3, p. 5738-5773, 2014.
- KORMELINK, F. J. M.; VORAGEN, A. G. J. Degradation of different [(glucurono) arabino] xylans by a combination of purified xylan-degrading enzymes. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 38, n. 5, p. 688-695, 1993.
- KÜES, U. Fungal enzymes for environmental management. **Current opinion in biotechnology**, v. 33, p. 268-278, 2015.
- KUMAR, A.; GAUTAM, A.; DUTT, D. Biotechnological transformation of lignocellulosic biomass in to industrial products: an overview. **Advances in Bioscience and Biotechnology**, v. 7, n. 03, p. 149, 2016.
- KRISANA, A.; RUTCHADAPORN, S.; JARUPAN, G.; LILY, E.; SUTIPA, T.; KANYAWIM, K. Endo-1, 4- β -xylanase B from *Aspergillus cf. niger* BCC14405 isolated in Thailand: purification, characterization and gene isolation. **Journal of biochemistry and molecular biology**, v. 38, n. 1, p. 17, 2005.
- KUMAR, V.; MARÍN-NAVARRO, J.; SHUKLA, P. Thermostable microbial xylanases for pulp and paper industries: trends, applications and further perspectives. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 32, n. 2, p. 1-10, 2016.

- KUMAR, L.; NAGAR, S.; MITTAL, A.; GARG, N.; GUPTA, V. K. Immobilization of xylanase purified from *Bacillus pumilus* VLK-1 and its application in enrichment of orange and grape juices. **Journal of food science and technology**, v. 51, n. 9, p. 1737-1749, 2014.
- KUMAR, R.; SINGH, S.; SINGH, O. Bioconversion of lignocellulosic biomass: biochemical and molecular perspectives. **Journal of industrial microbiology & biotechnology**, v. 35, n. 5, p. 377-391, 2008.
- KUMAR, V.; SYAL, P.; SATYANARAYANA, T. Highly thermo–halo–alkali-stable β -1, 4-endoxylanase from a novel polyextremophilic strain of *Bacillus halodurans*. **Bioprocess and biosystems engineering**, v. 36, n. 5, p. 555-565, 2013.
- LAKSHMI, G. S.; RAO, C. S.; RAO, R. S.; HOBBS, P. J.; PRAKASHAM, R. S. Enhanced production of xylanase by a newly isolated *Aspergillus terreus* under solid state fermentation using palm industrial waste: A statistical optimization. **Biochemical Engineering Journal**, v. 48, n. 1, p. 51-57, 2009.
- LASA, I.; BERENGUER, J. Thermophilic enzymes and their biotechnological potential. **Microbiologia**, v. 9, n. 2, p. 77-89, 1993.
- LEMPEREUR, I.; ROUAU, X.; ABECASSIS, J. Genetic and agronomic variation in arabinoxylan and ferulic acid contents of durum wheat (*Triticum durum*L.) grain and its milling fractions. **Journal of Cereal Science**, v. 25, n. 2, p. 103-110, 1997.
- LENARTOVICZ, V.; MARQUES DE SOUZA, C. G.; MOREIRA, F. G.; PERALTA, R. M. Temperature effect in the production of multiple xylanases by *Aspergillus fumigatus*. **Journal of basic microbiology**, v. 42, n. 6, p. 388-395, 2002.
- LI, S.; MORRIS, C. F.; BETTGE, A. D. Genotype and environment variation for arabinoxylans in hard winter and spring wheats of the US Pacific Northwest. **Cereal Chemistry**, v. 86, n. 1, p. 88-95, 2009.
- LIAB, K.; AZADI, P.; COLLINS, R.; TOLAN, J.; KIM, J. S.; ERIKSSON, K. E. L. Relationships between activities of xylanases and xylan structures. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 27, n. 1, p. 89-94, 2000.
- LIAO, H.; ZHENG, H.; LI, S.; WEI, Z.; MEI, X.; MA, H.; ...XU, Y. Functional diversity and properties of multiple xylanases from *Penicillium oxalicum* GZ-2. **Scientific reports**, v. 5, 2015.
- LIMAYEM, A.; RICKE, S. C. Lignocellulosic biomass for bioethanol production: current perspectives, potential issues and future prospects. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 38, n. 4, p. 449-467, 2012.
- LITTLECHILD, J. A. Enzymes from extreme environments and their industrial applications. **Frontiers in bioengineering and biotechnology**, v. 3, p. 161, 2015.
- LOWRY, O. H.; ROSEBROUGH, N. J.; FARR, A. L.; RANDALL, R. J. Protein measurement with the Folin phenol reagent. **J biol Chem**, v. 193, n. 1, p. 265-275, 1951.

MAEDA, R.; IDA, T.; IHARA, H.; SAKAMOTO, T. Induction of apoptosis in MCF-7 cells by β -1,3-xylooligosaccharides prepared from *Caulerpa lentillifera*. **Bioscience, biotechnology, and biochemistry**, v. 76, n. 5, p. 1032-1034, 2012.

MAHESHWARI, R.; BHARADWAJ, G.; BHAT, M. K. Thermophilic fungi: their physiology and enzymes. **Microbiology and molecular biology reviews**, v. 64, n. 3, p. 461-488, 2000.

MANSOUR, A. A.; ARNAUD, T.; LU-CHAU, T. A.; FDZ-POLANCO, M.; MOREIRA, M. T.; RIVERO, J. A. C. Review of solid state fermentation for lignocellulolytic enzyme production: challenges for environmental applications. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, v. 15, n. 1, p. 31-46, 2016.

MATSUZAWA, T.; KANEKO, S.; YAOI, K. Improvement of thermostability and activity of *Trichoderma reesei* endo-xylanase Xyn III on insoluble substrates. **Applied microbiology and biotechnology**, p. 1-9, 2016.

McPHILLIPS, K.; WATERS, D. M.; PARLET, C.; WALSH, D. J.; ARENDT, E. K.; MURRAY, P. G. Purification and Characterisation of a β -1, 4-Xylanase from *Remersonia thermophila* CBS 540.69 and Its Application in Bread Making. **Applied biochemistry and biotechnology**, v. 172, n. 4, p. 1747-1762, 2014.

MCMILLAN, James D. Pretreatment of lignocellulosic biomass. In: **ACS symposium series (USA)**. 1994.

MEDRONHO, B.; LINDMAN, B. Brief overview on cellulose dissolution/regeneration interactions and mechanisms. **Advances in colloid and interface science**, v. 222, p. 502-508, 2015.

MEVARECH, M; FROLOW, F; GLOSS, L. M. Halophilic enzymes: proteins with a grain of salt. **Biophysical chemistry**, v. 86, n. 2, p. 155-164, 2000.

MICHELIN, M.; PEIXOTO-NOGUEIRA, S. C.; BETINI, J. H. A.; DA SILVA, T.M.; JORGE, J. A.; TERENCEZI, H. F.; POLIZELI, M. L. T. M. Production and properties of xylanases from *Aspergillus terricola* Marchal and *Aspergillus ochraceus* and their use in cellulose pulp bleaching. **Bioprocess and biosystems engineering**, v. 33, n. 7, p. 813-821, 2010.

MICHELIN, M.; SILVA, T.M.; JORGE, J. A.; MARIA DE LOURDES, T. M. Purification and biochemical properties of multiple xylanases from *Aspergillus ochraceus* tolerant to Hg^{2+} ion and a wide range of pH. **Applied biochemistry and biotechnology**, v. 174, n. 1, p. 206-220, 2014.

MILAGRES, A. M. F; LACIS, L. S.; PRADE, R. A. Characterization of xylanase production by a local isolate of *Penicillium janthinellum*. **Enzyme and microbial technology**, v. 15, n. 3, p. 248-253, 1993.

MILLER, Gail Lorenz. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

MINOLTA CORPORATION. **Precise color communication: color control from feeling to instrumentation.** Minolta, 1994.

MIYAUCHI, S.; NAVARRO, D.; GRIGORIEV, I. V.; LIPZEN, A.; RILEY, R.; CHEVRET, D.; ...ROSSO, M. Visual comparative omics of fungi for plant biomass deconstruction. **Frontiers in Microbiology**, v. 7, 2016.

MORALES, M.; QUINTERO, J.; CONEJEROS, R.; AROCA, G. Life cycle assessment of lignocellulosic bioethanol: environmental impacts and energy balance. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 42, p. 1349-1361, 2015.

MOREIRA, L. R. S; FILHO, E. X. F. Insights into the mechanism of enzymatic hydrolysis of xylan. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 100, n. 12, p. 5205-5214, 2016.

MORGULIS, A.; COULOURIS, G.; RAYTSELIS, Y.; MADDEN, T. L.; AGARWALA, R.; SCHÄFFER A. A. "Database Indexing for Production MegaBLAST Searches", **Bioinformatics**, v. 24, n. 16, p. 1757-1764, 2008.

MOTTA, F. L.; ANDRADE, C. C. P.; SANTANA, M. H. A. A review of xylanase production by the fermentation of xylan: classification, characterization and applications. **Sustainable Degradation of Lignocellulosic Biomass-Techniques, Applications and Commercialization**, 2013.

MOUBASHER, A. A. H.; ISMAIL, M. A.; HUSSEIN, N. A.; GOUDA, H. A. Enzyme producing capabilities of some extremophilic fungal strains isolated from different habitats of Wadi El-Natron, Egypt. Part 2: Cellulase, xylanase and pectinase. **European Journal of Biological Research**, v. 6, n. 2, p. 103-111, 2016.

MUKHERJEE, S.; KHOWALA, S. Unraveling the secretome of *Termitomyces clypeatus* grown on agroresidues as a potential source for bioethanol production. **Process Biochemistry**, 2015.

MURTHY, P. S.; NAIDU, M. M. Production and application of xylanase from *Penicillium* sp. utilizing coffee by-products. **Food and bioprocess technology**, v. 5, n. 2, p. 657-664, 2012.

NAGAR, S; MITTAL, A.; GUPTA, V. K. Enzymatic clarification of fruit juices (apple, pineapple, and tomato) using purified *Bacillus pumilus* SV-85S xylanase. **Biotechnology and Bioprocess engineering**, v. 17, n. 6, p. 1165-1175, 2012.

NDOU, S. P.; KIARIE, E.; AGYEKUM, A. K.; HEO, J. M.; ROMERO, L. F.; ARENT, S.; ... NYACHOTI, C. M. Comparative efficacy of xylanases on growth performance and digestibility in growing pigs fed wheat and wheat bran-or corn and corn DDGS-based diets supplemented with phytase. **Animal Feed Science and Technology**, v. 209, p. 230-239, 2015.

NINAWA, S.; KAPOOR, M.; KUHAD, R. C. Purification and characterization of extracellular xylanase from *Streptomyces cyaneus* SN32. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 5, p. 1252-1258, 2008.

NIXON, K. C. 1999–2002: WinClada ver. 1.0000. **Published by the author**, Ithaca, NY, USA

OLIVEIRA, D. S.; TELIS-ROMERO, J.; DA-SILVA, R.; FRANCO, C. M. L. Effect of a *Thermoascus aurantiacus* thermostable enzyme cocktail on wheat bread quality. **Food chemistry**, v. 143, p. 139-146, 2014.

ORTEGA, G.; LAÍN, A.; TADEO, X.; LÓPEZ-MENDEZ, B.; CASTANO, D.; MILLET, O. Halophilic enzyme activation induced by salts. *Sci Rep*, v. 1, n. 6, 2011.

PAL, A.; KHANUM, F. Purification of xylanase from *Aspergillus niger* DFR-5: Individual and interactive effect of temperature and pH on its stability. **Process Biochemistry**, v. 46, n. 4, p. 879-887, 2011.

PALMA, M. B.; MILAGRES, A. M. F.; PRATA, A. M. R.; DE MANCILHA, I. M. Influence of aeration and agitation rate on the xylanase activity from *Penicillium janthinellum*. **Process Biochemistry**, v. 31, n. 2, p. 141-145, 1996.

PATEL, S. J.; SAVANTH, V. D. Review on fungal xylanases and their applications. **International Journal**, v. 3, n. 3, p. 311-315, 2015.

PEÑA, M. J.; KULKARNI, A. R.; BACKE, J.; BOYD, M.; O'NEILL, M. A.; YORK, W. S. Structural diversity of xylans in the cell walls of monocots. **Planta**, v. 244, n. 3, p. 589-606, 2016.

POLIZELI, M. L. T. M.; RIZZATTI, A. C. S.; MONTI, R.; TERENCE, H. F.; JORGE, J. A.; AMORIM, D. S. Xylanases from fungi: properties and industrial applications. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 67, n. 5, p. 577-591, 2005.

POMERANZ, Y. **Wheat: chemistry and technology**. American Association of Cereal Chemists, 1988.

POPP, J.; HARANGI-RÁKOS, M.; GABNAI, Z.; BALOGH, P.; ANTAL, G.; BAI, A. Biofuels and their co-products as livestock feed: global economic and environmental implications. **Molecules**, v. 21, n. 3, p. 285, 2016.

RAGAUSKAS, A. J.; BECKHAM, G. T.; BIDDY, M. J.; CHANDRA, R.; CHEN, F.; DAVIS, M. F.; ...LANGAN, P. Lignin valorization: improving lignin processing in the biorefinery. **Science**, v. 344, n. 6185, p. 1246843, 2014.

RAHIKAINEN, J. L.; MARTIN-SAMPEDRO, R.; HEIKKINEN, H.; ROVIO, S.; MARJAMAA, K.; TAMMINEN, T.; ...KRUUS, K. Inhibitory effect of lignin during cellulose bioconversion: the effect of lignin chemistry on non-productive enzyme adsorption. **Bioresource technology**, v. 133, p. 270-278, 2013.

RAHMAN, A. S.; SUGITANI, N.; HATSU, M.; TAKAMIZAWA, K. A role of xylanase, α -L-arabinofuranosidase, and xylosidase in xylan degradation. **Canadian journal of microbiology**, v. 49, n. 1, p. 58-64, 2003.

- RAJ, A.; KUMAR, S.; SINGH, S. K.; KUMAR, M. Characterization of a new *Providencia* sp. strain x1 producing multiple xylanases on wheat bran. **The Scientific World Journal**, v. 2013, 2013.
- RAPER, K. B.; FENNELL, D. I. The genus *Aspergillus*. **The genus Aspergillus**, 1965.
- RAVICHANDRA, K.; YASWANTH, V. V. N.; NIKHILA, B.; AHMAD, J.; RAO, P. S.; UMA, A.; ...PRAKASHAM, R. S. Xylanase production by isolated fungal strain, *Aspergillus fumigatus* RSP-8 (MTCC 12039): impact of agro-industrial material as substrate. **Sugar Tech**, v. 18, n. 1, p. 29-38, 2016.
- REDDY, S. S; KRISHNAN, C. Production of high-pure xylooligosaccharides from sugarcane bagasse using crude β -xylosidase-free xylanase of *Bacillus subtilis* KCX006 and their bifidogenic function. **LWT-Food Science and Technology**, v. 65, p. 237-245, 2016.
- RENNIE, E. A.; SCHELLER, H. Vibe. Xylan biosynthesis. **Current opinion in biotechnology**, v. 26, p. 100-107, 2014.
- RHODES, M. E.; FITZ-GIBBON, S. T.; OREN, A.; HOUSE, C. H. Amino acid signatures of salinity on an environmental scale with a focus on the Dead Sea. **Environmental microbiology**, v. 12, n. 9, p. 2613-2623, 2010.
- RIES, L. N.; BEATTIE, S. R.; ESPESO, E. A.; CRAMER, R. A.; GOLDMAN, G. H. Diverse regulation of the CreA carbon catabolite repressor in *Aspergillus nidulans*. **Genetics**, v. 203, n. 1, p. 335-352, 2016.
- RIZZATTI, A. C.; SANDRIM, V. C.; JORGE, J. A.; TERENCEZI, H. F.; MARIA DE LOURDES, T. M. Influence of temperature on the properties of the xylanolytic enzymes of the thermotolerant fungus *Aspergillus phoenicis*. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v. 31, n. 2, p. 88-93, 2004.
- RODRIGUES, A.; CABLE, R. N.; MUELLER, U. G.; BACCI, M. J. R.; PAGNOCCA, F. C. Antagonistic interactions between garden yeasts and microfungi garden pathogens of leafcutting ants. **Antonie van Leeuwenhoek**, Amsterdam, v. 96, n. 3, p. 331-342, 2009.
- RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. Planejamento de Experimentos e Otimização de Processos: uma estratégia seqüencial de planejamentos, Campinas, SP, Casa do Pão Editora, 2005.
- ROJAS, J. A.; ROSELL, C. M.; DE BARBER, C. B. Pasting properties of different wheat flour-hydrocolloid systems. **Food hydrocolloids**, v. 13, n. 1, p. 27-33, 1999.
- RONQUIST, F.; TESLENKO, M.; VAN DER MARK, P.; AYRES, D. L.; DARLING, A.; HÖHNA, S.; LARGET, B.; LIU, L.; SUCHARD, M. A.; HUELSENBECK, J. P. MrBayes 3.2: efficient Bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space. **Systematic biology**, v. 61, n. 3, p. 539-542, 2012.

ROUAU, X.; EL-HAYEK, M. L.; MOREAU, D. Effect of an enzyme preparation containing pentosanases on the bread-making quality of flours in relation to changes in pentosan properties. **Journal of Cereal Science**, v. 19, n. 3, p. 259-272, 1994.

ROY, S.; DUTTA, T.; SARKAR, T. S.; GHOSH, S. Novel xylanases from *Simplicillium obclavatum* MTCC 9604: comparative analysis of production, purification and characterization of enzyme from submerged and solid state fermentation. **SpringerPlus**, v. 2, n. 1, p. 1, 2013.

RUIJTER, G. J.; VISSER, J. Carbon repression in *Aspergilli*. **FEMS Microbiology Letters**, v. 151, n. 2, p. 103-114, 1997.

SAMSON, R. A.; HOUBRAKEN, J. A. M. P.; KUIJPERS, A. F.; FRANK, J. M.; FRISVAD, J. C. New ochratoxin A or sclerotium producing species in *Aspergillus* section *Nigri*. **Studies in mycology**, v. 50, p. 45-61, 2004.

SAMSON, R. A., PETERSON, S. W., FRISVAD, J. C., & VARGA, J. New species in *Aspergillus* section *Terrei*. **Studies in mycology**, v. 69, p. 39-55, 2011.
SANDRIM, V. C.; RIZZATTI, A. C. S.; TERENCE, H. F.; JORGE, J. A.; MILAGRES, A. M. F.; POLIZELI, M. L. T. M. Purification and biochemical characterization of two xylanases produced by *Aspergillus caespitosus* and their potential for kraft pulp bleaching. **Process Biochemistry**, v. 40, n. 5, p. 1823-1828, 2005.

SCOPES, R. K. **Protein purification: principles and practice**. 3a ed. New Yorque: SpringerVerlag, 380 p. 1994.

SEGATO, F.; DAMÁSIO, A. R.; DE LUCAS, R. C.; SQUINA, F. M.; PRADE, R. A. Genomics review of holocellulose deconstruction by *Aspergilli*. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 78, n. 4, p. 588-613, 2014.

SERRA, R.; CABANES, F. J.; PERRONE, G.; CASTELLÁ, G.; VENÂNCIO, A.; MULE, G.; KOZAKIEWICZ, Z. *Aspergillus ibericus*: a new species of section *Nigri* isolated from grapes. **Mycologia**, v. 98, n. 2, p. 295-306, 2006.

SHAH, A. R.; MADAMWAR, D. Xylanase production by a newly isolated *Aspergillus foetidus* strain and its characterization. **Process Biochemistry**, v. 40, n. 5, p. 1763-1771, 2005.

SHAH, A. R.; SHAH, R. K.; MADAMWAR, D. Improvement of the quality of whole wheat bread by supplementation of xylanase from *Aspergillus foetidus*. **Bioresource technology**, v. 97, n. 16, p. 2047-2053, 2006.

SHAHI, N.; HASAN, A.; AKHTAR, S.; SIDDIQUI, M. H.; SAYEED, U.; KHAN, M. K. A. Xylanase: a promising enzyme. **Journal of Chemical and Pharmaceutical Research**, v. 8, n. 3, p. 334-339, 2016.

SHALLOM, D.; SHOHAM, Y. Microbial hemicellulases. **Current opinion in microbiology**, v. 6, n. 3, p. 219-228, 2003.

SHARMA, A.; THAKUR, V. V.; SHRIVASTAVA, A.; JAIN, R. K.; MATHUR, R. M.; GUPTA, R.; KUHAD, R. C. Xylanase and laccase based enzymatic kraft pulp bleaching reduces adsorbable organic halogen (AOX) in bleach effluents: a pilot scale study. **Bioresource technology**, v. 169, p. 96-102, 2014.

SHARMA, M.; KUMAR, A. Xylanases: an overview. **British Biotechnology Journal**, v. 3, n. 1, p. 1, 2013.

SHARMA, M.; MAHAJAN, C.; BHATTI, M. S.; CHADHA, B. S. Profiling and production of hemicellulases by thermophilic fungus *Malbranchea flava* and the role of xylanases in improved bioconversion of pretreated lignocellulosics to ethanol. **3 Biotech**, v. 6, n. 1, p. 30, 2016.

SILVA, L. A. O.; TERRASAN, C. R. F.; CARMONA, E. C. Purification and characterization of xylanases from *Trichoderma inhamatum*. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 18, n. 4, p. 307-313, 2015.

SILVA, S. S.; CARVALHO, R. R.; FONSECA, J. L. C.; GARCIA, R. B. Extração e caracterização de xilanas de sabugo de milho. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 2, p. 1-9, 1998.

SILVA, V. L. M. M.; GOMES, W. C. O.; ALSINA, L. S. Utilização do bagaço de cana-de-açúcar como biomassa adsorvente na adsorção de poluentes orgânicos. **Revista eletrônica de materiais e processos**, v. 2, n. 1, p. 27-32, 2007.

SINDHU, R.; BINOD, P.; PANDEY, A. Biological pretreatment of lignocellulosic biomass—An overview. **Bioresource technology**, v. 199, p. 76-82, 2016.

SINGH, R.; KAPOOR, V.; KUMAR, V. Utilization of agro-industrial wastes for the simultaneous production of amylase and xylanase by thermophilic *Actinomycetes*. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 43, n. 4, p. 1545-1552, 2012.

SINGH, R.; KUMAR, M.; MITTAL, A.; MEHTA, P. K. Microbial enzymes: industrial progress in 21st century. **3 Biotech**, v. 6, n. 2, p. 174, 2016.

SLUIMER, P. **Principles of breadmaking: functionality of raw materials and process steps**. St. Paul: American Association of Cereal Chemistry, 2005.

SOARES, L.M.V.; RODRIGEZ-AMAYA, D. B. Survey of aflatoxins, ochratoxin A, zearalenone and sterigmatocystin in some brazilian foods using multitoxin thin layer chromatographic method **Journal-Association of Official Analytical Chemists**, v. 72, n. 1, p. 22-26, 1989.

SONG, H. T.; GAO, Y.; YANG, Y. M.; XIAO, W. J.; LIU, S. H.; XIA, W. C.; ... ; JIANG, Z. B.. Synergistic effect of cellulase and xylanase during hydrolysis of natural lignocellulosic substrates. **Bioresource Technology**, v. 219, p. 710-715, 2016.

SONG, L.; TSANG, A.; SYLVESTRE, M. Engineering a thermostable fungal GH10 xylanase, importance of N-terminal amino acids. **Biotechnology and bioengineering**, v. 112, n. 6, p. 1081-1091, 2015.

SORGATTO, M.; GUIMARÃES, N. C. A.; ZANOELO, F. F.; MARQUES, M. R.; PEIXOTO-NOGUEIRA, S. C.; GIANNESI, G. G. Purification and characterization of an extracellular xylanase produced by the endophytic fungus, *Aspergillus terreus*, grown in submerged fermentation. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 32, p. 8076-8084, 2012.

SOUZA, D. T.; BISPO, A. S. R.; BON, E. P. S.; COELHO, R. R. R.; NASCIMENTO, R. P. Production of thermophilic endo- β -1,4-xylanases by *Aspergillus fumigatus* FBSPE-05 using agro-industrial by-products. **Applied biochemistry and biotechnology**, v. 166, n. 6, p. 1575-1585, 2012.

STEFFOLANI, M. E.; RIBOTTA, P. D.; PÉREZ, G. T.; LEÓN, A. E. Eugenia et al. Effect of glucose oxidase, transglutaminase, and pentosanase on wheat proteins: Relationship with dough properties and bread-making quality. **Journal of cereal science**, v. 51, n. 3, p. 366-373, 2010.

SUBRAMANIYAN, S.; PREMA, P. Biotechnology of microbial xylanases: enzymology, molecular biology, and application. **Critical reviews in biotechnology**, v. 22, n. 1, p. 33-64, 2002.

SUEB, M. S. M.; LUO, J.; MEYER, A. S.; JORGENSEN, H.; PINELO, M. Impact of the fouling mechanism on enzymatic depolymerization of xylan in different configurations of membrane reactors. **Separation and Purification Technology**, v. 178, p. 154-162, 2017.

SUDAN, R.; BAJAJ, B. Kumar. Production and biochemical characterization of xylanase from an alkalitolerant novel species *Aspergillus niveus* RS2. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 23, n. 4, p. 491-500, 2007.

SUN, Y; CHENG, J. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. **Bioresource technology**, v. 83, n. 1, p. 1-11, 2002.

SUNNA, A.; ANTRANIKIAN, G. Xylanolytic enzymes from fungi and bacteria. **Critical reviews in biotechnology**, v. 17, n. 1, p. 39-67, 1997.

SWIATKIEWICZ, S.; SWIATKIEWICZ, M.; ARCZEWSKA-WLOSEK, A.; JOZEFIAK, D. Efficacy of feed enzymes in pig and poultry diets containing distillers dried grains with solubles: a review. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 100, n. 1, p. 15-26, 2016.

TAIBI, Z.; SAOUDI, B.; BOUDELAA, M.; TRIGUI, H.; BELGHITH, H.; GARGOURI, A.; LADJAMA, A. Purification and biochemical characterization of a highly thermostable xylanase from *Actinomadura* sp. strain Cpt20 isolated from poultry compost. **Applied biochemistry and biotechnology**, v. 166, n. 3, p. 663-679, 2012.

TAMAYO, E. N.; VILLANUEVA, A.; HASPER, A. A.; DE GRAAFF, L. H.; RAMÓN, D.; OREJAS, M. CreA mediates repression of the regulatory gene *xlnR* which controls the production of xylanolytic enzymes in *Aspergillus nidulans*. **Fungal Genetics and Biology**, v. 45, n. 6, p. 984-993, 2008.

TEIXEIRA, R. S. S.; SIQUEIRA, F. G.; DE SOUZA, M. V.; FERREIRA FILHO, E. X.; DA SILVA BON, E. P. Purification and characterization studies of a thermostable β -xylanase from *Aspergillus awamori*. **Journal of industrial microbiology & biotechnology**, v. 37, n. 10, p. 1041-1051, 2010.

TERRASAN, C. R. F.; CARMONA, E. C. Solid-state fermentation of brewer's spent grain for xylanolytic enzymes production by *Penicillium janczewskii* and analyses of the fermented substrate. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 6, 2015.

TERRASAN, C. R. F.; GUISAN, J. M.; CARMONA, E. C. Xylanase and β -xylosidase from *Penicillium janczewskii*: purification, characterization and hydrolysis of substrates. **Electronic Journal of Biotechnology**, 2016.

TERRASAN, C. R.; TEMER, B.; SARTO, C.; SILVA JUNIOR, F. G.; CARMONA, E. C. Xylanase and β -xylosidase from *Penicillium janczewskii*: production, physico-chemical properties, and application of the crude extract to pulp biobleaching. **BioResources**, p. 1292-1305, 2013.

THOMAS, L.; PARAMESWARAN, B.; PANDEY, A. Hydrolysis of pretreated rice straw by an enzyme cocktail comprising acidic xylanase from *Aspergillus* sp. for bioethanol production. **Renewable Energy**, 2016.

UDAY, U. S. P., CHOUDHURY, P., BANDYOPADHYAY, T. K., & BHUNIA, B. Classification, mode of action and production strategy of xylanase and its application for biofuel production from water hyacinth. **International journal of biological macromolecules**, v. 82, p. 1041-1054, 2016.

ULLAH, K.; SHARMA, V. K.; DHINGRA, S.; BRACCIO, G.; AHMAD, M.; SOFIA, S. Assessing the lignocellulosic biomass resources potential in developing countries: A critical review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 51, p. 682-698, 2015.

UMEMOTO, Y.; SHIBATA, T.; ARAKI, T. D-xylose isomerase from a marine bacterium, *Vibrio* sp. strain XY-214, and D-xylulose production from β -1,3-xylan. **Marine Biotechnology**, 14, 10-20, 2012.

VAN DYK, J. S.; PLETSCHE, B. I. A review of lignocellulose bioconversion using enzymatic hydrolysis and synergistic cooperation between enzymes - factors affecting enzymes, conversion and synergy. **Biotechnology advances**, v. 30, n. 6, p. 1458-1480, 2012.

VAN KUIJK, S. J. A.; SONNENBERG, A. S. M.; BAARS, J. J. P.; HENDRIKS, W. H.; CONE, J. W. Fungal treated lignocellulosic biomass as ruminant feed ingredient: a review. **Biotechnology advances**, v. 33, n. 1, p. 191-202, 2015.

VERMA, D.; SATYANARAYANA, T. Molecular approaches for ameliorating microbial xylanases. **Bioresource technology**, v. 117, p. 360-367, 2012.

VOGEL, H. J. A convenient growth medium for *Neurospora*. **Microbiol Genet Bull**, v. 13, p. 42-43, 1956.

- XIONG, H.; VON WEYMARN, N.; LEISOLA, M.; TURUNEN, O. Influence of pH on the production of xylanases by *Trichoderma reesei* Rut C-30. **Process Biochemistry**, v. 39, n. 6, p. 731-736, 2004.
- WANG, C. Y.; CHAN, H.; LIN, H. T.; SHYU, Y. T. Production, purification and characterisation of a novel halostable xylanase from *Bacillus* sp. NTU-06. **Annals of Applied Biology**, v. 156, n. 2, p. 187-197, 2010.
- WANG, Q.; CEN, Z.; ZHAO, J. The survival mechanisms of thermophiles at high temperatures: an angle of omics. **Physiology**, v. 30, n. 2, p. 97-106, 2015.
- WANG, M.; HAMER, R. J.; VAN VLIET, T.; OUDGENOEG, G. Interaction of water extractable pentosans with gluten protein: effect on dough properties and gluten quality. **Journal of Cereal Science**, v. 36, n. 1, p. 25-37, 2002.
- WANG, M.; VAN VLIET, T.; HAMER, R. J. Interaction of water unextractable solids and xylanase with gluten protein: effect of wheat cultivar. **Journal of cereal science**, v. 41, n. 3, p. 251-258, 2005.
- WANG, T.; HONG, M. Solid-state NMR investigations of cellulose structure and interactions with matrix polysaccharides in plant primary cell walls. **Journal of experimental botany**, v. 67, n. 2, p. 503-514, 2016.
- WANG, X.; LUO, H.; YU, W.; MA, R.; YOU, S.; LIU, W.; ...YAO, B. A thermostable *Gloeophyllum trabeum* xylanase with potential for the brewing industry. **Food chemistry**, v. 199, p. 516-523, 2016.
- WEJSE, P. L.; INGVOSEN, K.; MORTENSEN, K. K. Purification and characterisation of two extremely halotolerant xylanases from a novel halophilic bacterium. **Extremophiles**, v. 7, n. 5, p. 423-431, 2003.
- WHITE, T. J.; BRUNS, T.; LEE, S.; TAYLOR, J. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. **PCR protocols: a guide to methods and applications**, New York, v. 18, n. 1, p. 315-322, 1990.
- WONG, K. K.; TAN, L. U.; SADDLER, J. N. Multiplicity of beta-1, 4-xylanase in microorganisms: functions and applications. **Microbiological Reviews**, v. 52, n. 3, p. 305, 1988.
- WOOD, I. P.; COOK, N. M.; WILSON, D. R.; RYDEN, P.; ROBERTSON, J. A.; WALDRON, K. W. Ethanol from a biorefinery waste stream: Saccharification of amylase, protease and xylanase treated wheat bran. **Food chemistry**, v. 198, p. 125-131, 2016.
- YAMANE, C.; AOYAGI, T.; AGO, M.; SATO, K.; OKAJIMA, K.; TAKAHASHI, T. Two different surface properties of regenerated cellulose due to structural anisotropy. **Polymer journal**, v. 38, n. 8, p. 819-826, 2006.

YANG, X.; CHOI, H. S.; PARK, C.; KIM, S. W. Current states and prospects of organic waste utilization for biorefineries. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 49, p. 335-349, 2015.

YANG, W.; BAI, Y.; YANG, P.; LUO, H.; HUANG, H.; MENG, K.; ...YAO, B. A novel bifunctional GH51 exo- α -l-arabinofuranosidase/endo-xylanase from *Alicyclobacillus* sp. A4 with significant biomass-degrading capacity. **Biotechnology for biofuels**, v. 8, n. 1, p. 197, 2015.

YEGIN, S. Single-step purification and characterization of an extreme halophilic, ethanol tolerant and acidophilic xylanase from *Aureobasidium pullulans* NRRL Y-2311-1 with application potential in the food industry. **Food Chemistry**, v. 221, p. 67-75, 2017.

YIN, Y. R.; ZHANG, F.; HU, Q. W.; XIAN, W. D.; HOZZEIN, W. N.; ZHOU, E. M.; ...LI, W. J. Heterologous expression and characterization of a novel halotolerant, thermostable, and alkali-stable GH6 endoglucanase from *Thermobifida halotolerans*. **Biotechnology letters**, v. 37, n. 4, p. 857-862, 2015.

YUAN, Q. P.; WANG, J. D.; ZHANG, H.; QIAN, Z. M. Effect of temperature shift on production of xylanase by *Aspergillus niger*. **Process Biochemistry**, v. 40, n. 10, p. 3255-3257, 2005.

ZAFAR, A.; AFTAB, M. N.; UD DIN, Z.; AFTAB, S.; IQBAL, I.; SHAHID, A.; ...; UL HAQ, I. Cloning, expression, and purification of xylanase gene from *Bacillus licheniformis* for use in saccharification of plant biomass. **Applied biochemistry and biotechnology**, v. 178, n. 2, p. 294-311, 2016.

ZHANG, H.; SANG, Q. Production and extraction optimization of xylanase and β -mannanase by *Penicillium chrysogenum* QML-2 and primary application in saccharification of corn cobs. **Biochemical Engineering Journal**, v. 97, p. 101-110, 2015.

ZHANG, Z.; SCHWARTZ, S.; WAGNER, L.; MILLER, W. A greedy algorithm for aligning DNA sequences, **Journal of Computational Biology**, New York, v. 7, n. 1-2, p. 203-214, 2000.

ZHAO, X.; ZHANG, L.; LIU, D. Biomass recalcitrance. Part I: the chemical compositions and physical structures affecting the enzymatic hydrolysis of lignocellulose. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, v. 6, n. 4, p. 465-482, 2012.

ZHOU, C. Y.; LI, T. B.; WANG, Y. T.; ZHU, X. S.; KANG, J. Exploration of a N-terminal disulfide bridge to improve the thermostability of a GH11 xylanase from *Aspergillus niger*. **The Journal of general and applied microbiology**, v. 62, n. 2, p. 83-89, 2016.

ZHOU, J.; WU, Q.; ZHANG, R.; MO, M.; TANG, X.; LI, J.; ... HUANG, Z. A thermo-halo-tolerant and proteinase-resistant endoxylanase from *Bacillus* sp. HJ14. **Folia microbiologica**, v. 59, n. 5, p. 423-431, 2014.

ZHU, Y.; LI, X.; SUN, B.; SONG, H.; LI, E.; SONG, H. Properties of an alkaline-tolerant, thermostable xylanase from *Streptomyces chartreusis* L1105 suitable for xylooligosaccharide production. **Journal of food science**, v. 77, n. 5, p. C506-C511, 2012.

ZIMBARDI, A. L.; SEHN, C.; MELEIRO, L. P.; SOUZA, F. H.; MASUI, D. C.; NOZAWA, M. S.; ... FURRIEL, R. P. Optimization of β -glucosidase, β -xylosidase and xylanase production by *Colletotrichum graminicola* under solid-state fermentation and application in raw sugarcane trash saccharification. **International journal of molecular sciences**, v. 14, n. 2, p. 2875-2902, 2013.