

ESTUDO DAS PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DA FIBRA DE COCO MINIMAMENTE PROCESSADA VISANDO APLICAÇÃO COMO ISOLANTE TÉRMICO

Study of properties thermophysical coconut fiber minimally processed for use as thermal insulation

Paulo M. M. ARAÚJO^{1*}, Luis F. FELIX Filho¹, Jessyca J. BARBOSA¹

¹Laboratório de Energia e Materiais, Departamento de Engenharia Mecânica,
Universidade Federal de Sergipe

*paubaumma@yahoo.com.br

(Recebido em 10 de outubro de 2014; aceito em 14 de setembro de 2015)

O tratamento do revestimento dos prédios e habitações assume toda sua importância quando necessita instalar sistemas de climatização nos prédios de países tropicais. Os diferentes consumos de materiais utilizados somam-se ao custo energético para a realização destes mesmos envelopes quando são extraídos, transformados, distribuídos, mais igualmente, quando processados para a reciclagem no final da vida útil. Nos estudos iniciais foram utilizados dois tipos de fibra de coco, verde e seca, objetivando estimar suas características térmicas para aplicar como produto isolante em habitações. As amostras com densidades voluntariamente variáveis foram confeccionadas para identificar as mais apropriadas em termos de desempenho térmico. Os ensaios de caracterização térmica foram realizados num laboratório situado no norte da França, norma NF EN 12664, onde foi utilizado basicamente o método fluximétrico. A utilização deste eco material, que consome pouca energia para sua transformação, reciclagem e transporte, num contexto de melhorar o desempenho térmico dos envelopes em prédios climatizados, parece extremamente oportuno no contexto ambiental atual.

Palavras-chave: biomaterial, fibra de coco, isolante térmico

Treatment with lining of buildings and dwellings assumes all its importance when using air conditioning especially in tropical countries. Different materials consumption used to added energy costs to achieve these same envelopes when they are processed, available, most also when processed for recycling at end of life. In initial studies we used two types of coconut fiber, fresh and dry, aiming to estimate their thermal characteristics to apply as insulation product in habitations. Samples with varying densities were prepared voluntarily to identify the most appropriate in terms of thermal performance. Thermal characterization tests were performed in a laboratory located in northern France respecting the norm NF EN 12664 which was basically used "fluximétrique" method. Use of this eco material, which consumes little energy to its transformation, recycling and transport in a context of improving the thermal performance of the envelopes in air-conditioned buildings, it seems extremely timely in the current environmental context.

Keywords: biomaterials, coconut fiber, thermal insulated

1. INTRODUÇÃO

Este artigo tem como objetivo apresentar um projeto de pesquisa desenvolvido e que está ligado a dois temas de grande importância atualmente que é a redução do consumo de energia e o conforto dentro da residência. Estudos mostram que os prédios ou construções, são responsáveis por cerca de 40% do consumo de energia e por sua vez, emissões de CO₂ na camada atmosférica em uma escala mundial. Qualquer que seja a região do mundo que poderemos imaginar, e em qualquer

estação, as condições de conforto térmico, são necessárias e são obtidas a partir do aquecimento ou do resfriamento (climatização). Trata-se de um projeto de desenvolvimento de um material de fibra de coco, processada numa solução a base de caju, para ser aplicado como revestimento térmico na construção civil e futuramente visando a explorar também suas propriedades acústicas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. MATERIAIS

A opção de aproveitar fibras de resíduos agrícolas é atrativa não só do ponto de vista econômico como também ambiental. A fibra do coco madura já vem sendo utilizada na agricultura e na indústria. Por sua vez, a fibra da casca do coco verde, que ainda não vem sendo amplamente utilizada, poderá se tornar matéria-prima importante. A facilidade de produção, baixa densidade e alta disponibilidade são as vantagens apresentadas por esta fibra, como também suas características química orgânica, pois é rica em lignina que faz dela um material naturalmente resistente a degradação não necessitando de tratamentos químicos. No caso do fruto imaturo ou coco verde para consumo de água, 80 a 85% do peso bruto representam resíduos, que não vêm sendo aproveitadas pela indústria de beneficiamento de fibras, devido à falta de conhecimento de suas propriedades.

Foi desenvolvido um equipamento formado basicamente de um eixo giratório repleto de pinos fixados em forma de espiral sobre o próprio eixo. Assim, utilizando um processo puramente mecânico com baixo consumo de energia foi possível desfibrilar a casca do coco verde e seca. A fibra obtida é pulverizada com uma solução de extrato composto basicamente do óleo da castanha de caju, com o objetivo de servir como ligante. A proporção de utilização da solução é em torno de 40% do peso total da fibra. 1 Kg de fibra 400 ml de aglutinante natural.

Em seguida uma prensa mecânica foi desenvolvida para trabalhar com diferentes moldes. A pressão utilizada depende da espessura e densidade da amostra (exemplo: 1 kg para uma espessura de 30 mm). Consequentemente placas de dimensões variadas puderam ser processadas utilizando combinações com proporções ligeiramente diferentes entre a fibra de coco e a solução de castanha de caju. Depois de prensada, atingido a forma e dimensões desejadas, o material obtido foi tratado termicamente a temperaturas compreendidas entre 220 a 250°C por meia hora aproximadamente até atingir a cura. O resfriamento acontece no forno que foi adaptado de um equipamento que serve para assar pizza.

2.2. MÉTODOS

O primeiro objetivo que ficou determinado seria a caracterização das propriedades termo físicas visando utilizar o material como isolante térmico em aquecedores solares e em construções de uma maneira geral.

Foram confeccionadas amostras de dimensões específicas em formato predominantemente de blocos com dimensões de 200mm x 200mm, utilizando fibra de coco seco e verde, com diferentes espessuras e densidades (espessuras variando entre 20 e 80 mm (figura 1).



FIGURA 1. Fotografia das amostras antes dos testes.

2.3. PARTE EXPERIMENTAL

Os equipamentos utilizados para os experimentos são básicos para se trabalhar com o método “fluximétrico” (La Méthode Fluxométrique). Trata-se de uma metodologia que é aplicada para um sistema em regime permanente utilizando uma configuração dita simétrica a uma só amostra como mostrada na figura 2.

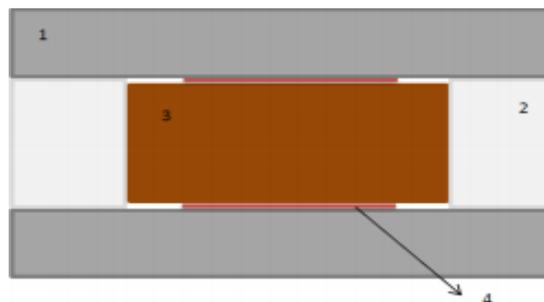


FIGURA 2: Esquema mostrando como são dispostos os equipamentos para o teste utilizando o método “fluximétrico” onde: 1. Placa trocadora de calor; 2. Isolante; 3. Amostra e 4. Fluxímetro.

Para cada amostra o teste foi dividido em duas partes:

1. A primeira para encontrar a quantidade de calor total absorvido pela amostra quando a temperatura muda para um nível mais elevado (calcular a capacidade térmica e os calores específicos e volumétricos);
2. E a segunda para encontrar a resistência térmica da amostra impondo um fluxo de calor a partir de uma diferença de temperatura (obter a condutividade térmica da amostra).

Os principais equipamentos utilizados nos ensaios são mostrados em fotos logo abaixo:



FIGURA 3: Banho térmico

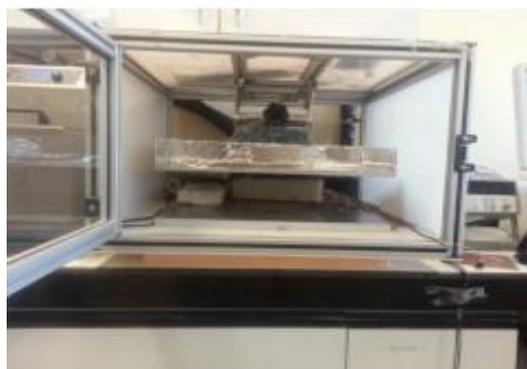


FIGURA 4: Câmara onde é colocada a montagem experimental

3. RESULTADOS

Para determinar a condutividade térmica dos isolantes a base de fibra de coco foi utilizada a norma francesa NF EM 12664, que trata da caracterização térmica dos materiais isolantes voltados para construção civil.

Inicialmente dezesseis amostras (8 de fibra de coco seco e 8 de fibra de coco verde) foram testadas. A partir das análises e tratamentos efetuados observou-se a necessidade de realização de testes complementares e realizaram-se também ensaios para verificar a reprodutibilidade. Os quadros abaixo resumem os principais resultados obtidos:

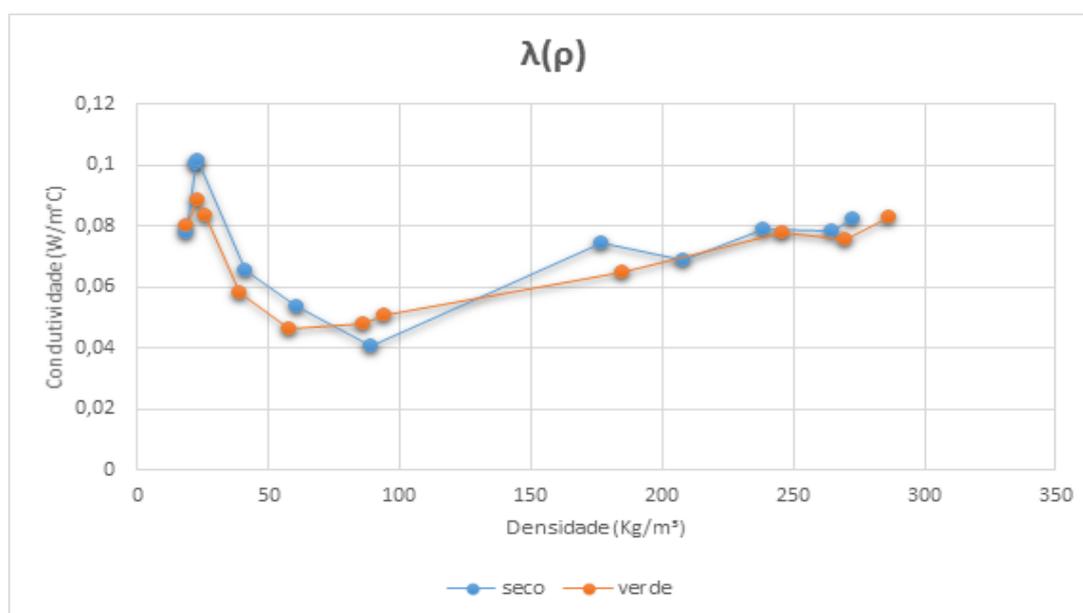
QUADRO 1. Resultados experimentais para fibra de coco seco.

| 3.1. Densidade 3.2. (kg/m^3) | 3.3. Resistencia 3.4. ($(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{W}$) | 3.5. Condutividade 3.6. ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$) | 3.7. Capacidade 3.8. Térmica 3.9. ($\text{J}/^\circ\text{C}$) | 3.10. Calor 3.11. Volumétrico 3.12. (J/m^3) | 3.13. Calor 3.14. específico ($\text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$) |
|---|---|---|---|---|--|
| 3.15. 19,03 | 3.16. 0,410 | 3.17. 0,0780 | 3.18. 46 | 3.19. 34416 | 3.20. 1809 |
| 3.21. 22,58 | 3.22. 0,629 | 3.23. 0,1002 | 3.24. 98 | 3.25. 38384 | 3.26. 1700 |
| 3.27. 23,10 | 3.28. 0,855 | 3.29. 0,1018 | 3.30. 142 | 3.31. 41340 | 3.32. 1789 |
| 3.33. 41,23 | 3.34. 0,528 | 3.35. 0,0653 | 3.36. 102 | 3.37. 72859 | 3.38. 1767 |
| 3.39. 60,91 | 3.40. 0,618 | 3.41. 0,0534 | 3.42. 139 | 3.43. 106849 | 3.44. 1754 |
| 3.45. 89,34 | 3.46. 0,556 | 3.47. 0,0405 | 3.48. 138 | 3.49. 155112 | 3.50. 1736 |
| 3.51. 176,66 | 3.52. 0,442 | 3.53. 0,0747 | 3.54. 406 | 3.55. 293150 | 3.56. 1659 |
| 3.57. 208,08 | 3.58. 0,675 | 3.59. 0,0689 | 3.60. 546 | 3.61. 283632 | 3.62. 1363 |
| 3.63. 238,67 | 3.64. 0,930 | 3.65. 0,0790 | 3.66. 1172 | 3.67. 377545 | 3.68. 1582 |
| 3.69. 264,54 | 3.70. 1,044 | 3.71. 0,0785 | 3.72. 904 | 3.73. 273415 | 3.74. 1034 |
| 3.75. 272,66 | 3.76. 0,924 | 3.77. 0,0822 | 3.78. 2093 | 3.79. 341827 | 3.80. 1254 |

QUADRO 2. Resultados experimentais para fibra de coco verde.

| 3.81. Densidade 3.82. (kg/m ³) | 3.83. Resistencia 3.84. ((m ² .°C)/W) | 3.85. Condutividade 3.86. (W/(m ² .°C)) | 3.87. Capacidade 3.88. Térmica 3.89. (J/°C) | 3.90. Calor 3.91. Volumétrico 3.92. (J/m ³) | 3.93. Calor 3.94. Específico 3.95. (J/(kg.°C)) |
|---|---|---|---|---|--|
| 3.96. 18,75 | 3.97. 0,460 | 3.98. 0,0804 | 3.99. 55 | 3.100. 35098 | 3.101. 1872 |
| 3.102. 23,03 | 3.103. 0,744 | 3.104. 0,0887 | 3.105. 100 | 3.106. 38427 | 3.107. 1668 |
| 3.108. 25,80 | 3.109. 0,875 | 3.110. 0,0834 | 3.111. 94 | 3.112. 33629 | 3.113. 1306 |
| 3.114. 38,93 | 3.115. 0,475 | 3.116. 0,0581 | 3.117. 73 | 3.118. 63629 | 3.119. 1618 |
| 3.120. 57,87 | 3.121. 0,401 | 3.122. 0,0461 | 3.123. 84 | 3.124. 107719 | 3.125. 1861 |
| 3.126. 86,04 | 3.127. 0,753 | 3.128. 0,0478 | 3.129. 197 | 3.130. 131603 | 3.131. 1530 |
| 3.132. 93,86 | 3.133. 0,647 | 3.134. 0,0510 | 3.135. 203 | 3.136. 147737 | 3.137. 1574 |
| 3.138. 184,65 | 3.139. 1,297 | 3.140. 0,0648 | 3.141. 687 | 3.142. 193626 | 3.143. 1049 |
| 3.144. 245,89 | 3.145. 0,901 | 3.146. 0,0777 | 3.147. 908 | 3.148. 303998 | 3.149. 1253 |
| 3.150. 269,62 | 3.151. 1,035 | 3.152. 0,0758 | 3.153. 1049 | 3.154. 332948 | 3.155. 1235 |
| 3.156. 286,81 | 3.157. 0,943 | 3.158. 0,0827 | 3.159. 1022 | 3.160. 331994 | 3.161. 1158 |

Com os resultados experimentais obtidos pôde-se então avaliar o comportamento da condutividade térmica em função da densidade. Na figura logo abaixo podemos observar duas curvas referentes aos testes com fibra de coco verde e seca.

**FIGURA 5.** Curva referente ao comportamento térmico da fibra de coco verde e seca.

Os valores de condutividade encontrados para a fibra de coco verde e seca são bem próximos e compatíveis aos valores encontrados para os isolantes térmicos comerciais utilizados como a fibra de vidro e lã de rocha. O comportamento revelado pelas curvas são efetivamente típicos e esperados para os isolantes térmicos. Os valores obtidos do calor específico para os materiais isolantes estudados são bons. Os valores de referência estão compreendidos numa faixa de 1000 a 2000 J/kg/°C. Esta propriedade térmica representa a capacidade do material de armazenar calor em relação ao seu peso. As curvas da figura abaixo mostram que o calor específico para a fibra de coco verde e seca, diminui um pouco à medida que aumenta a densidade.

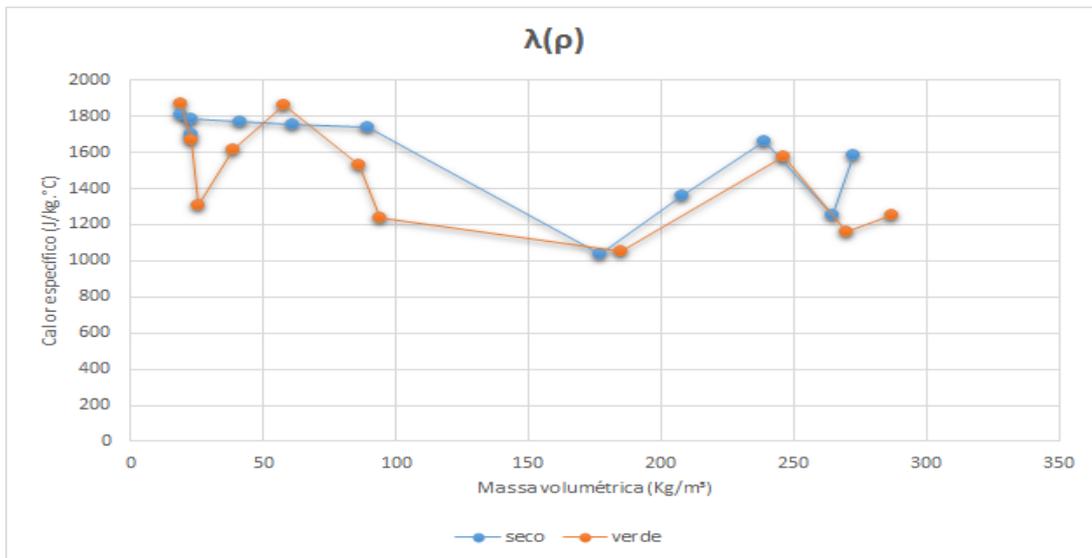


FIGURA 6. Calor específico em função da massa volumétrica

Podemos ver também que o material natural a base de fibra de coco, quando uma construção tem que ser isolada termicamente o maior interesse está relacionado com a quantidade de calor que o material pode armazenar em relação a uma unidade de volume e menos com o seu peso. Assim no gráfico seguinte pode-se observar que o calor volumétrico é diretamente proporcional a massa volumétrica. Então quanto maior a densidade, mais o material pode armazenar calor e ficam menos susceptíveis as mudanças de temperatura do meio ambiente externo. Deve-se ter atenção, pois não se pode aumentar muito a densidade para não aumentar demasiadamente a condutividade térmica.

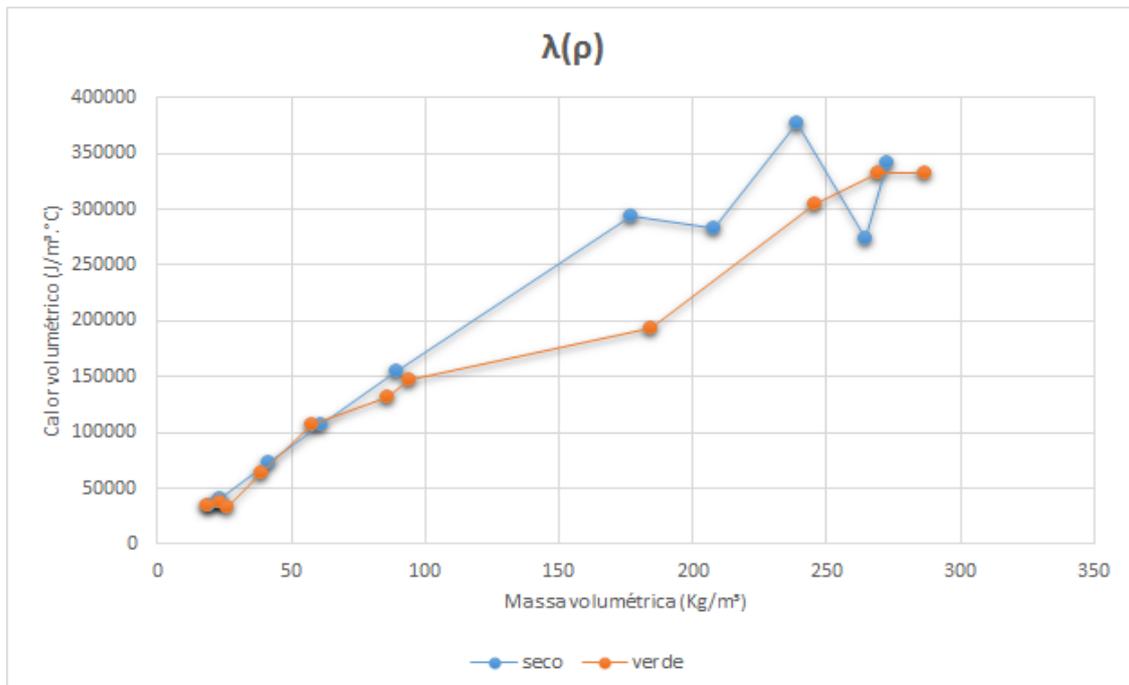


FIGURA 7. Calor volumétrico em função da massa específico

4. CONCLUSÃO

Os estudos apresentados aqui permitem caracterizar as propriedades térmicas da fibra de coco verde e seca processada minimamente. Os valores de condutividade encontrados, tanto para um como para o outro, são bem próximos e compatíveis aos valores encontrados para os isolantes térmicos comerciais utilizados como a fibra de vidro e lã de rocha. O comportamento revelado pelas curvas são efetivamente típicos e esperados para os isolantes térmicos.

Os resultados experimentais obtidos neste trabalho são muito bons e certamente permitirá subsidiar com informações futuros projetos de pesquisa e/ou aplicações na construção civil e aquecedores solares.

Como perspectivas futuras deseja-se realizar estudos higrométricos. O aspecto ligado a uniformidade da produção deverá ser igualmente estudado. Assim deve-se prever a realização de um estudo para avaliar o comportamento térmico no local de produção do material (num local representativo de uma habitação, por exemplo), e submetida, ao seu próprio meio ambiente microclimático.

Finalmente os aspectos térmicos estão estreitamente associados aos aspectos acústicos, objetivando que encontremos compromissos de dupla função para um só material. No momento, o tratamento do som é um combate considerável para melhorar o conforto geral das habitações. A utilização de materiais porosos é uma solução natural. A fibra de coco é um bom candidato, pois é um material barato e ecológico com boas propriedades de absorção. Pretende-se então relizar o estudo que será orientado para o comportamento higrotérmico de eco materiais (fibra de coco), para as transferências calor/massa no interior de paredes, e no seu impacto global do prédio inclusive acústico.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- J.E.G. van Dam et al. (2004). Production process for high density high performance binderless boards from whole coconut husk, *Industrial Crops and Products*.
- Etienne Wurtz. (2011) - Projet batimetre, in Laboratoire LEB CEA-INES.
- H.C Silva. (2006) -Conforto Higrotérmico in Laboratório de Conforto Ambiental.
- F.Tomczac. (2010) - Estudos sobre a estrutura e propriedades de fibras de coco e curauá do Brasil, Universidade Federal do Paraná.
- V.R. Carlini, A.Y.S. Duarte, J.B. Ramos. (2003). Características, beneficiamentos e atuais processos de aplicações da fibra de coco verde, Escola de Artes, Ciências e Humanidades.
- Majid Ali. (2011). Coconut fibre: A versatile material and its applications in engineering, *Journal of Civil Engineering and Construction Technology* pp. 189-197.
- H.Y. Andoh, P. Gbaha, B.K. Koua, P.M.E. Koffi, S. Touré. (2010). Thermal performance study of a solar collector using a natural vegetable fiber, coconut coir, as heat insulation, *Energy for Sustainable Development* pp. 297-301.
- J. Brock, M.R. Nogueira, C. Zakrzewski, F.C. Corazza, M.L. Corazza, J.V.de Oliveira.(2008). Determinação experimental da viscosidade e condutividade térmica de óleos vegetais, *Ciencia e Tecnologia de Alimentos* vol.28.

K. Bilba, M. Arsene, A. Ouensanga. (2007). Study of banana and coconut Wbers Botanical composition, thermal degradation and textural observations, *Bioresource Technology* 98.

M.J. de A. Gama, M. E. R. M. Cavalcanti Mata, M. E. M. Duarte, R. F. Aragão, P. de A. Farias. (2012). Difusividade térmica aparente de sementes de cajá em temperaturas acima do congelamento até ultrabaixas temperaturas, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* vol.16 no.3.