

**NOTA TÉCNICA:****DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA ESPECIALISTA PARA SELEÇÃO DE REATORES DE GASEIFICAÇÃO DE BIOMASSA**

Michael de Oliveira Resende<sup>1</sup>, Jadir Nogueira da Silva<sup>2</sup>, Felipe Santos Dalólio<sup>3</sup>, Rúben Christian Barbosa<sup>4</sup> & Gerson Ovidio Luz Pedruzi<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro Eletricista, Mestre em Engenharia Agrícola, Professor IF Sudeste – Juiz de Fora, MG. [michael.resende@ifsudestemg.edu.br](mailto:michael.resende@ifsudestemg.edu.br)

<sup>2</sup> PhD, Professor Titular, Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa-MG, [jadir@ufv.br](mailto:jadir@ufv.br)

<sup>3</sup> Zootecnista, Doutorando em Engenharia Agrícola na UFV, Viçosa – MG, [felipe.dalolio@ufv.br](mailto:felipe.dalolio@ufv.br)

<sup>4</sup> Engenheiro de Controle e Automação, Doutorando em Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG, [ruben.barbosa@ufv.br](mailto:ruben.barbosa@ufv.br)

<sup>5</sup> Engenheiro Eletricista, Doutorando em Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG, [gerson.pedruzi@ufv.br](mailto:gerson.pedruzi@ufv.br)

**Palavras-chave:**

energia renovável  
gaseificadores  
inteligência artificial  
sistemas computacionais  
uso futuro

**RESUMO**

Objetivou-se com este trabalho o desenvolvimento de uma base de conhecimento que possa facilitar os mecanismos de seleção de gaseificadores de biomassa. Para isso, foi criado um sistema especialista utilizando-se o EXPERT SINTA como ferramenta, que recomenda o melhor tipo de gaseificador levando em consideração as características da biomassa a ser utilizada, a finalidade de utilização do gás de síntese gerado e a potência térmica pretendida. A base de conhecimento foi obtida através da consulta prévia a livros e artigos especializados, além da consulta aos especialistas no ramo da gaseificação de biomassa. A validação do sistema foi feita por especialistas da Universidade Federal de Viçosa, os quais avaliaram o desempenho e a funcionalidade do sistema computacional proposto. Com base nos resultados obtidos e na avaliação feita pelos especialistas, pode-se concluir que o sistema desenvolvido é promissor. Assim, para esse sistema tornar-se mais eficiente na tomada de decisão, faz-se necessário sua avaliação por outros especialistas e o aprimoramento da sua base de conhecimento.

**Keywords:**

renewable energy  
gasifiers  
artificial intelligence  
computer systems  
further use

**DEVELOPMENT OF EXPERT SYSTEM FOR SELECTION OF REACTORS FOR BIOMASS GASIFICATION****ABSTRACT**

The objective of this work was to develop a knowledge base that could help select appropriate biomass gasifier mechanisms. For this, a specialized system was created using the EXPERT SINTA software as a tool, which recommends the best type of gasifier taking into account the characteristics of biomass to be used, the purpose of use of the gas generated and the desired thermal power. The knowledge base was obtained by consulting books and specialized articles in addition to consultation experts in the biomass gasification branch. System validation was done by experts from the Federal University of Viçosa, who evaluated the performance and functionality of the computer system proposed. Based on the results obtained and the evaluation made by the experts, one can conclude that the system is promising. Therefore, for this system to become more efficient in decision making, other experts should review and the knowledge base of the system should be improved.

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da humanidade sempre esteve associado à capacidade do homem de utilizar a energia a partir de diferentes formas. No início, a energia térmica para aquecimento e preparo de alimentos era obtida exclusivamente da combustão de madeira. Nos tempos modernos, com o avanço da sociedade, novas demandas de energia surgiram. Em todo o mundo cerca de 90% da demanda de energia é suprida por combustíveis não renováveis, cuja extração e uso vêm contribuindo severamente para a emissão de gases de efeito estufa e esgotamento das reservas existentes (EPE, 2015).

Portanto, fontes alternativas e renováveis de energia fazem-se indispensáveis para que possamos ter uma matriz energética diversificada e que afete menos o meio ambiente em que vivemos. Uma forma de energia considerada limpa é a proveniente da biomassa, pois, no seu ciclo de conversão em energia por combustão, tem-se a liberação de dióxido de carbono, que é utilizado no processo de fotossíntese dos vegetais. A biomassa é definida como todo material constituído principalmente de substâncias orgânicas de origem animal e vegetal, alguns exemplos de biomassas consideradas tradicionais são resíduos animais, agrícolas e florestais. Outro tipo de biomassa muito presente nos tempos atuais é a composta por matéria orgânica de resíduos domésticos e industriais (CORTEZ *et al.*, 2008).

No Brasil, a biomassa é uma fonte significativa de energia, representando cerca de, 24,4% da matriz energética (EPE, 2015). A utilização de biomassa para obtenção de energia proporciona diversas vantagens, como diversificação da matriz energética, independência externa de combustíveis fósseis, desenvolvimento sustentável, utilização de mão-de-obra local, além de desenvolvimento das comunidades rurais isoladas. Sendo, assim, também um fator social relevante. Além desses aspectos, também é reconhecida por apresentar características vantajosas do ponto de vista ambiental. Neste sentido, a biomassa merece atenção especial, pois, no curto e no médio prazo, oferece as opções mais promissoras aos combustíveis líquidos à base de petróleo (BORBA & GASPAR, 2010).

Dentre as formas de se utilizar a energia latente disponível na biomassa energética, a gaseificação apresenta-se como excelente alternativa. Nesse processo, é permitido o uso de diferentes tipos de

biomassa, tais como: eucalipto, carvão vegetal, resíduos agrícolas vegetais e animais, assegurando o desenvolvimento sustentável, quando utiliza florestas energéticas e resíduos que seriam descartados. Baseado nisso, RAMAN e RAM (2013) afirmam que países tropicais em desenvolvimento, como o Brasil, têm grande potencial de produção de biomassa para energia. A gaseificação é um processo termoquímico de conversão de insumo sólido ou líquido em um gás com características combustíveis, por meio da oxidação parcial a temperaturas intermediárias (800 a 1100°C), que estão acima da temperatura de pirólise e abaixo da temperatura de combustão (CORTEZ *et al.*, 2008).

O gás de síntese obtido a partir da gaseificação pode ser utilizado para queima em motores alternativos de combustão interna, em turbinas a gás para geração de energia mecânica ou elétrica, geração direta de calor, e, ainda, como matéria prima na obtenção de combustíveis líquidos e em outros produtos químicos (LORA *et al.*, 2013).

Apesar de ser vantajosa, em diversos aspectos, a gaseificação não é um processo muito difundido no Brasil e o principal fator para isso é a ausência de informação técnica especializada e a carência de mão-de-obra qualificada. O emprego de alguma tecnologia que realize a interface entre o conhecimento científico e a aplicabilidade de determinada técnica, como a gaseificação, torna-se imprescindível para a maior difusão deste mecanismo (LORA *et al.*, 2013). DURKIN (1994) propôs como solução para esse entrave, o desenvolvimento de sistemas computacionais que consigam tomar decisões com base no conhecimento teórico humano, os chamados sistemas especialistas.

Os sistemas especialistas têm inúmeras aplicações possíveis na agricultura, como: realizar o diagnóstico de doenças em plantas e em animais, indicativos de acidez de solos agrícolas, entre vários outros, auxiliando nas decisões de gestão dos processos de otimização em propriedades agrícolas (LANZER, 2009). Esses sistemas utilizam uma base estruturada de conhecimento, suficiente para solucionar diversos problemas associados a algum domínio específico (MENDES, 1997). Existem alguns exemplos de sucesso na aplicação da tecnologia de sistemas especialistas voltados para a agricultura. Dentre eles, pode-se citar o trabalho desenvolvido pela Universidade Federal do Ceará (UFC), intitulado de SECAJU, no qual é usado na

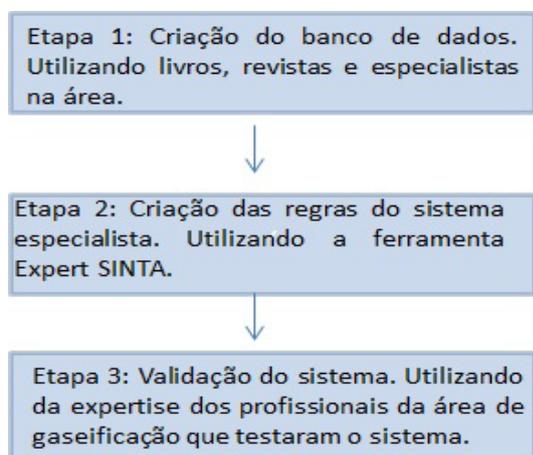
fruticultura para o diagnóstico de pragas e doenças do cajueiro, que outrora era feito por especialistas humanos. Vale citar ainda, o trabalho desenvolvido por FREEMAN e AYERS (1989), no qual foi criado um sistema especialista que indica de maneira otimizada o melhor trator a ser usado na agricultura. Esse sistema funciona adequando a força motriz dos tratores à aplicação direta no campo, em relação ao tipo de cultura e plantio.

Assim, fica evidente que a tecnologia de desenvolvimento de sistemas especialistas para a agricultura pode ser uma excelente ferramenta de disseminação de conhecimento e melhora na eficiência dos processos produtivos.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho desenvolver um sistema especialista para seleção de gaseificadores de biomassa, utilizando-se a ferramenta *EXPERT SINTA*, a partir de uma base de conhecimento criada com o auxílio de literatura especializada na área e na consulta de profissionais capacitados no ramo.

## MATERIAL E MÉTODOS

No fluxograma da Figura 1 pode ser observado as etapas de construção do sistema especialista desenvolvido.



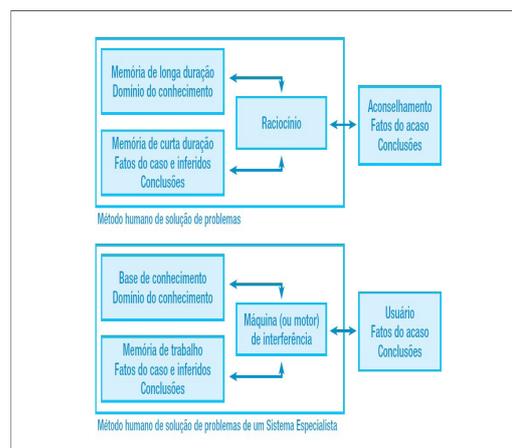
**Figura 1.** Etapas de criação do sistema especialista.

O sistema especialista foi desenvolvido utilizando-se o *EXPERT SINTA*, versão 1.1. Essa plataforma foi desenvolvida pela Universidade Federal do Ceará, no Laboratório de Inteligência Artificial. O SINTA é uma ferramenta computacional visual que utiliza técnicas de inteligência artificial para geração automática de sistemas especialistas. Essa ferramenta utiliza um

modelo de representação do conhecimento baseado em regras de produção e de probabilidades, tendo como objetivo principal simplificar o trabalho de implementação de sistemas especialistas. Essa simplificação se dá através do uso de uma máquina de interferência compartilhada, na construção automática de telas e de menus, no tratamento probabilístico das regras de produção e na utilização de explicações sensíveis ao contexto da base de conhecimento previamente modelada (GRUPO SINTA, 1995).

O *EXPERT SINTA* utiliza a arquitetura mais comum de sistemas especialistas, sendo estas baseadas em um conjunto de condições no formato “SE... e ENTÃO...”, sendo possível a inserção de conectivos lógicos que, por sua vez, são relacionados aos atributos no escopo do conhecimento e ao uso de probabilidades (GRUPO SINTA, 1995).

Para efeito comparativo entre os métodos de resolução de problemas entre um especialista humano e um sistema especialista computacional pode-se observar a Figura 2.

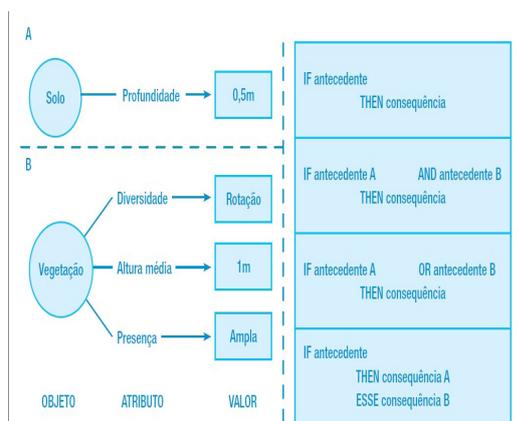


**Figura 2.** Método de solução de problemas humano e sistema especialista. Adaptado de LANZER (2009).

A base de conhecimento extraído do especialista humano ou fontes literais, como livros e artigos científicos, deve ser inicialmente representada antes de sua codificação em uma linguagem de programação. Essa base pode ser representada, através de Objeto-Atributo-Valor, de regras, de redes semânticas, de quadros (“frames”) e logicamente (DURKIN, 1994).

Os objetos da base do conhecimento podem ter apenas um, ou então, múltiplos atributos

ligados por conectivos lógicos, como mostrado esquematicamente abaixo (Figura 3):



**Figura 3.** Exemplos de Objeto-Atributo-Valor e regras (LANZER, 2009).

A base do conhecimento do sistema especialista necessária para a solução do problema foi desenvolvida tomando-se como referência literaturas especializadas no assunto, tais como revistas nacionais publicadas entre 2009 a 2013, livros nacionais do período de 2008 a 2013, revistas internacionais de 2013 e dissertações e teses aprovadas na Universidade Federal de Viçosa no intervalo de 2010 a 2016. Outra fonte de consulta foram os especialistas na área de Energia da Biomassa do Departamento de Engenharia

Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. Os dados foram obtidos para seis tipos de reatores que apresentam uma quantidade maior de pesquisas desenvolvidas e maior utilização comercial.

O sistema parte do princípio que o usuário conhece as características da biomassa disponível para realizar a gaseificação, bem como o destino final a ser dado para o gás de síntese. Deste modo, o sistema especialista indicará o melhor tipo de reator a ser utilizado, bem como as possíveis instruções, se necessário, no emprego de pré-tratamentos para a biomassa a ser gaseificada para geração de energia. Os seis tipos de reatores especificados foram: fluxo cruzado (1), leito móvel concorrente (2), leito móvel contracorrente (3), leito fluidizado borbulhante (4), leito fluidizado circulante (5) e leito arrastado (6).

Uma parte simplificada do banco de dados utilizado é apresentada na Tabela 1, que representa a base de conhecimento para as regras utilizadas. Essas regras relacionam os aspectos importantes envolvidos no processo de gaseificação, como o tipo de biomassa, a finalidade de utilização do gás de síntese e a potência térmica com o melhor tipo de gaseificador. Para a criação do banco de dados foi utilizado o auxílio de literatura científica. Também, por meio de entrevistas, foram consultados diversos especialistas no ramo de gaseificação. Essas fontes de conhecimento para o banco de dados foram

**Tabela 1.** Parte simplificada do banco de dados que foi utilizado para o desenvolvimento da base de conhecimento para o adequado funcionamento do programa especialista.

Tipo de Gaseificador	Potência térmica	Tipo de biomassa	Tipo de utilização
1-Fluxo cruzado	<50kW	Lenha e carvão	Queima direta
2-Leito móvel concorrente	10 kW – 1 MW	Lenha, carvão, chips ou cavacos de madeira	Queima direta, motor de combustão interna, geração de energia elétrica
3-Leito móvel contracorrente	1 MW – 10 MW	Lenha e carvão	Queima direta
4-Leito fluidizado borbulhante	2 MW – 50 MW	Resíduos florestais	Queima direta, eletricidade, mecânica
5-Leito fluidizado circulante	8 MW – 110 MW	Resíduos florestais	Gás de síntese (síntese de biocombustíveis), energia elétrica
6-Leito arrastado	>100 MW	Resíduos industriais, agrícolas e florestais	Queima direta e gás de síntese

kW=quilowatt; MW=megawatt. Adaptado de Cortez et al., (2008); Schlittler et al., (2009); Santos et al., (2010); Lora et al., (2013); Zanatta (2011); Rezende (2012); Souza et al., (2013); Barbosa (2015); Resende (2016).

**Tabela 2.** Tipos básicos de biomassa e suas respectivas características.

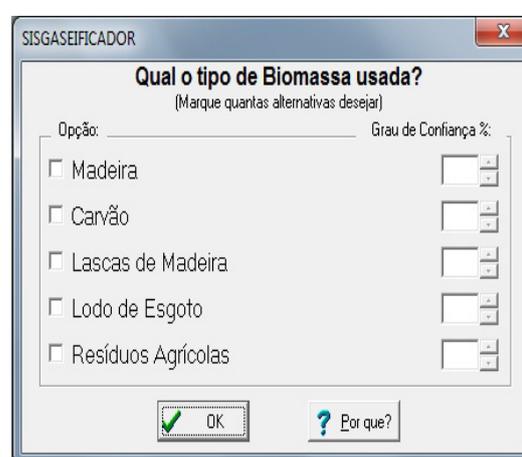
Tipo de Combustível	Estado físico	Teor de umidade (%)	Granulometria (cm)
Resíduo sólido urbano	Sólido	10 – 15	1,2 – 10
Resíduos florestais	Sólido, líquido	10 – 50	2 – 50
Resíduos industriais	Sólido, líquido, gasoso	-	-
Lenha de eucalipto	Sólido	15 – 30	10 – 30
Carvão vegetal	Sólido	2 – 5	2 – 20
Serragem	Sólido	15 – 20	<0,1
Chips ou cavacos de madeira	Sólido	15 – 30	0,4 – 2
Briquete		8 – 15	5,6 – 11,5 (diâmetro)
Resíduos agrícolas	Sólido, líquido, gasoso	30 – 60	-

%=porcentagem; cm=centímetro. Adaptado de Lora et al. (2013).

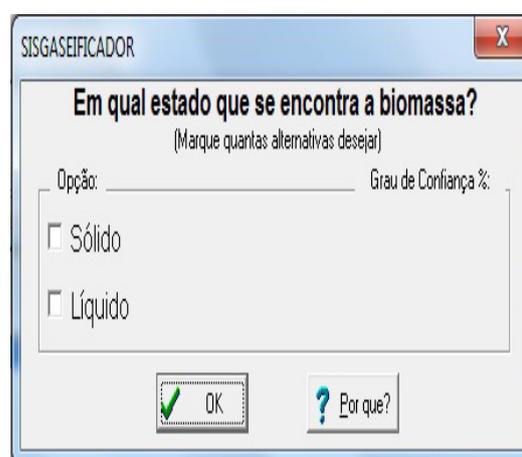
consultadas para a associação dos vários tipos de reatores de gaseificação e as suas características ideias de funcionamento, como pode ser consultado nas Tabelas 1 e 2.

Outra parte do banco de dados, que é verificada pelo sistema, está relacionada à caracterização do tipo de biomassa a ser utilizada, onde suas respectivas relações quanto ao tipo e as suas características, serão analisadas pelo sistema especialista. A Tabela 2 contém estas informações sobre alguns tipos básicos de biomassa normalmente usados no processo de gaseificação. Os dados utilizados para esta etapa também foram baseados na literatura e na consulta a especialistas do ramo. Quando se trata do processo de gaseificação, um teor de umidade baixa refere-se a um percentual menor ou igual a 10%, como média umidade entre 10% e 15% de teor de umidade e acima de 15% a biomassa é considerada com alta umidade.

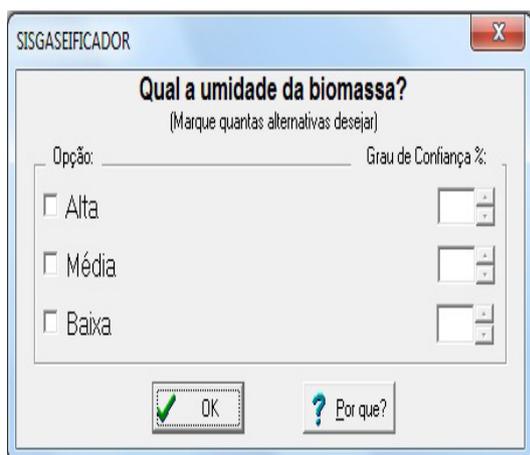
Para a operação do sistema especialista foi preciso, em primeiro lugar, executar o programa que apresenta uma interface gráfica para a interação com o usuário. Nessa interface foram feitas diversas perguntas visando caracterizar a biomassa a ser utilizada e a finalidade de utilização do gás de síntese. Da Figura 4 até a Figura 11 temos mostradas as caixas diálogo referentes aos questionamentos a serem respondidos pelo usuário, com posterior tomada de decisão pelo sistema especialista. O grau de confiança presente nas caixas de diálogo será a proporção de inclusão de cada alternativa marcada em relação a sua utilização.



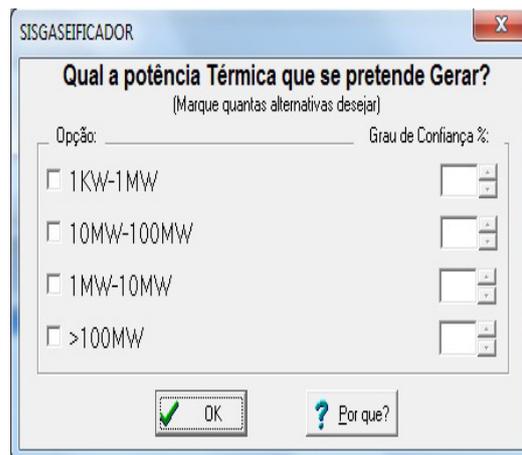
**Figura 4.** Questionamento inicial da interface do sistema especialista acerca do tipo de biomassa a ser usada.



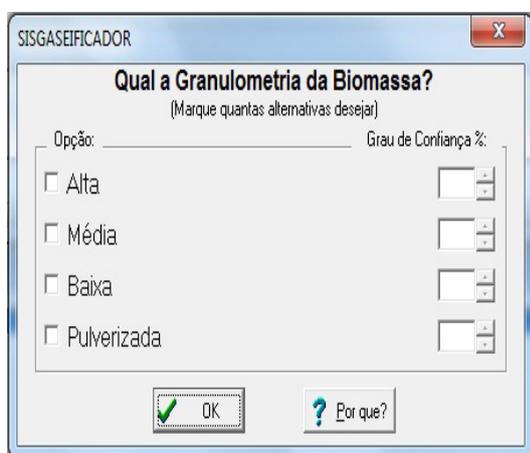
**Figura 5.** Questionamento da interface do sistema especialista acerca do estado físico da biomassa.



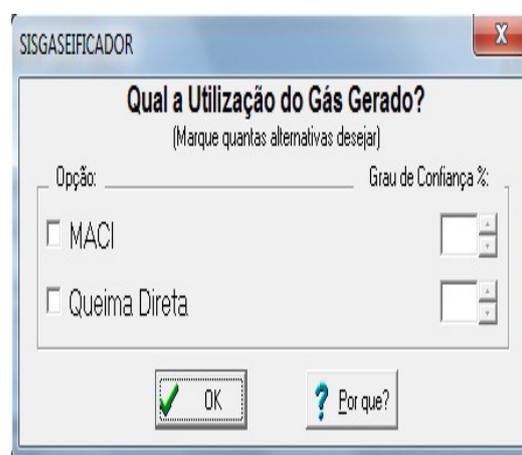
**Figura 6.** Questionamento da interface do sistema especialista acerca da umidade da biomassa.



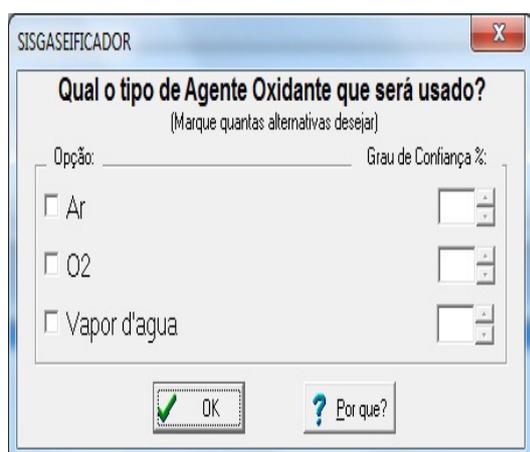
**Figura 9.** Questionamento da interface do sistema especialista acerca da potência térmica que se pretende gerar no processo de gaseificação da biomassa.



**Figura 7.** Questionamento da interface do sistema especialista acerca da granulometria da biomassa.



**Figura 10.** Questionamento da interface do sistema especialista acerca do tipo de utilização para o qual o gás de síntese se destina. MACI = motor adaptado de combustão interna.



**Figura 8.** Questionamento da interface do sistema especialista acerca do tipo de agente oxidante a ser utilizado na gaseificação da biomassa.



**Figura 11.** Resultado final de recomendação proposto pelo programa especialista acerca do tipo de gaseificador a ser construído.

Em seguida, foi apresentada a melhor indicação de reator para o processo. Após cada pergunta feita, o sistema acessou o banco de dados e estabeleceu a melhor decisão, baseada nas regras previamente impostas com a ajuda da literatura e especialistas consultados. Para a verificação e avaliação das respostas fornecidas pelo programa desenvolvido, houve o apoio de três especialistas em gaseificação. O objetivo desses colaboradores foi avaliar o aspecto funcional do programa especialista e a sua capacidade de designar o melhor tipo de gaseificador a ser construído e utilizado. Para isso, os especialistas analisaram determinada situação como tipo de biomassa, teor de umidade, granulometria, tipo de utilização do gás e verificavam se a designação do sistema especialista estava de acordo em relação ao tipo de reator a ser usado para tal situação. Outra forma de avaliação usada pelos especialistas se deu por meio de respostas a um questionário sobre o sistema utilizado.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para ilustrar o método de validação do sistema especialista, a Tabela 3 contém alguns dados referentes a dois cenários abordados tanto pelo sistema desenvolvido quanto pelo especialista da Universidade Federal de Viçosa. Nele se observa a

coerência entre as tomadas de decisão.

As respostas às questões de avaliação são discutidas abaixo, esse método de avaliação foi retirado do trabalho proposto por FREEMAN e AYERS(1989).

**O programa foi de fácil operação e entendimento? Se não, diga quais foram as dificuldades encontradas.**

Todos os avaliadores responderam “sim” para essa questão. Mesmo os avaliadores sem experiência em microinformática consideraram a interface de fácil entendimento.

**Você concorda com as escolhas tomadas pelo programa? Por quê?**

Dois avaliadores concordaram com os resultados do sistema especialista em todos os cenários. Apenas um avaliador discordou em partes da avaliação, porém não considerou estar errada. Nesse caso, o sistema especialista indicou como primeira opção um reator de Leito Fluidizado Borbulhante, enquanto o especialista humano achou como melhor opção a utilização do Leito Fluidizado Circulante, e a segunda opção do sistema especialista foi o Leito Fluidizado Borbulhante.

**Você achou o programa útil? Se você tivesse que construir uma unidade de gaseificação e tivesse acesso ao programa, você usaria? Por quê?**

Todos os especialistas sujeitos ao teste acharam o sistema útil. E todos disseram que usariam

**Tabela 3.** Cenários de comparação entre Sistema especialista X Expertise profissional.

Cenários	Dados de entrada							Dado de saída		
	Tipo de Biomassa	Estado	Umíd.	Gran.	Agente oxidante	Potência térmica	Utilização do gás	Tipo de reator indicado		
								1 ° opção	2 ° opção	
Sistema especialista	1 °	madeira	sólido	Baixa	alta	ar	100 kW	Queima	Fluxo Cruzado	Fluxo Cruzado
		Lascas							Leito fluidizado	Leito fluidizado
	2°	de madeira	sólido	média	baixa	O2	60 MW	Queima	borbulhante	fluidizado circulante
Expertise profissional	1 °	madeira	sólido	Baixa	alta	ar	100 kW	Queima	Fluxo Cruzado	Fluxo Cruzado
		Lascas							Leito fluidizado	Leito fluidizado
	2°	de madeira	sólido	média	baixa	O2	60 MW	Queima	circulante	borbulhante

um sistema similar a esse, caso tivessem que dimensionar e construir um gaseificador. Os especialistas consideraram ainda que o sistema desenvolvido funcionaria como uma espécie de atalho, pois é possível ter uma resposta em um tempo muito menor. Além disso, o programa mostra opções que nem sempre são analisadas pelo especialista humano, o que o leva a considerar um maior número de opções em suas análises.

**Como esse programa pode ser melhorado? Que mudanças você gostaria de ver ou quais melhorias poderiam ser feitas no programa?**

Os analisadores tiveram uma resposta em comum e consideram que o programa deveria incluir os fatores econômicos na decisão de escolha do reator de gaseificação. Além disso, sugeriram a aplicação da base de dados de biomassa e também de reatores para gaseificação para melhorar a avaliação dos programas do sistema especialista.

## CONCLUSÕES

- O sistema especialista desenvolvido mostrou-se útil para a seleção de gaseificadores de biomassa, pois apresentou facilidade de manuseio, respostas precisas, permitindo a utilização deste conhecimento com maior facilidade e acessibilidade para grande parte dos investidores que desejam diversificar suas fontes de geração de energia.
- No intuito de aumentar a base de dados a ser consultada pelo programa e, conseqüentemente, favorecer a acurácia do seu funcionamento, os especialistas humanos recomendaram maior difusão de seu uso e possíveis atualizações do banco de dados do sistema inerentes ao processo de indicação de utilização de reatores de gaseificação de biomassa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, R.C. Modelagem dinâmica e desenvolvimento de um controlador para automação de um gaseificador de biomassa. 2015. 87f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

BORBA, M.C.V.; GASPAR, N. F. (coord.). Um

futuro com energia sustentável: iluminando o caminho. São Paulo: FAPESP/ Inter Academy Council/Academia Brasileira de Ciências, 2010, 300p. Disponível em: < <http://www.fapesp.br/publicacoes/energia.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

CORTEZ, L.A.B.; LORA, E.E.S.; GOMÉZ, E.O. Gaseificação. In:\_\_\_\_. Biomassa para energia. 1. ed. Campinas: Editora Unicamp, 2008. cap.9, p.241-327.

DURKIN, J. Expert systems: design and development. New York City: Macmillan Coll Div, 1994. 800 p.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). Balanço energético nacional 2015 - Ano base 2014. Rio de Janeiro: MME, 2015. 292 p. Disponível em:< [https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2015.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2015.pdf)>. Acesso em: 15 de abr. 2016.

FREEMAN, S.A.; AYERS, P.D. An expert system for tractor selection. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v.5, n.2, p.123-126, 1989.

GRUPO SINTA (Sistemas Inteligentes Aplicados). Manual do usuário do expert sinta. Laboratório de Inteligencia Artificial - Universidade Federal do Ceará, 1995. Disponível em: <<http://www.lia.ufc.br/~bezerra/exsinta/>>. Acesso em: 10 novembro 2015.

LANZER, A.T.S. Representação de conhecimento em sistemas especialistas, visando à agricultura. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, v.4, n.3, p.75-87, 2009. Disponível em: <<http://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/viewfile/781/238>>. Acesso em: 10 abril 2016.

LORA, E.E.S.; ANDRADE, R.V.; ÁNGEL, J.D.M.; LEITE, M.A.H.; ROCHA, M.H.; SALES, C.A.V.B.; MENDOZA, M.A.G.; CORAL, D.S.O. Gaseificação e pirólise para conversão da biomassa em eletricidade e biocombustíveis. In: \_\_\_\_\_. Biocombustíveis. Itajubá: Unifei, 2013. cap6, p.411-498. Disponível em: <<http://www>>

nest.unifei.edu.br/portugues/pags/downloads/downloads\_pt.html>. Acesso em: 30 março 2016.

MENDES, R.D. Inteligência artificial: sistemas especialistas no gerenciamento da informação. **Ciência da Informação**, Brasília, v.26, n.1, Jan/Abr, 1997.

RAMAN, P.; RAM, N.K. Design improvements and performance testing of a biomass gasifier based electric power generation system. **Biomass and Bioenergy**, Leiden, v.56, n.9, p.555-571, 2013.

RESENDE, M.O. Sistema automático de alimentação de biomassa em um gaseificador de fluxo concorrente. 2016. 81f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

REZENDE, O.L.T.O uso da lógica fuzzy no controle das temperaturas de um conjunto gaseificador/combustor de biomassas. 2012. 126f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

SANTOS, I.S.; SILVA, J.N.; SILVA, J.S.; LOPES, R.P. Reator de gaseificação de biomassa em fluxo contracorrente para aquecimento e secagem de grãos. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.18, n.5, p.382- 389, 2010.

SCHLITTLER, L.A.F.S.; GOMES, E.B.; LEMOS, J.L.S.; ANTUNES, A.M.S.; PEREIRA JR., N. Gaseificação de Biomassa. **Diálogos & Ciência (Online)**, Salvador, v.20, p.113-122, 2009.

SOUZA, S.N.M.; COLDEBELLA, M.M.; SANTOS, R.F.; WERNCKE, I.; KLAUS, O.; BASSEGIO, D. Potencial de geração de eletricidade com gaseificação do bagaço e resíduos da colheita de cana de açúcar no estado do Paraná. **Revista Acta Iguazu**, Cascavel, v.2, n.3, p.1-7, 2013.

ZANATTA, F.L. Desenvolvimento e Avaliação de um gaseificador de biomassa e estudo do potencial de produção de biogás com resíduos agrícolas e da avicultura. 2011. 98f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.