



## MICRO-SMARTRURALGRIDS EM COMUNIDADES RURAIS ISOLADAS COMO BASE PARA DESENVOLVIMENTO SOCIO- ECONOMICO SUSTENTAVEL

Israel Francisco Benitez Pina \*  
Walter Andrés Vermehren Valenzuela \*\*  
Livia Guimarães Maciel\*\*  
Jose Reinaldo Silva\*\*\*  
Jadid Tamayo Pacheco \*\*\*\*

### RESUMO

Neste trabalho propõe-se um caminho para obter a integração no entorno rural de micro-SmartGrids de geração elétrica com energias renováveis (SmartRuralGrids) personalizados para comunidades rurais isoladas da Amazonia, que permita criar condições nessas comunidades para aprimorar o desenvolvimento sustentável e o nível de competência e habilidades das gerações jovens para implementar, operar e aproveitar essas SmartRuralGrids. Propõe-se avaliar a adaptabilidade das SmartRuralGrids as diferentes condições de iluminação solar, vento, água, biomassa, e outras fontes renováveis, bem como as diferentes características do ambiente social, geográfica e tecnológica utilizando a integração de tecnologia multidisciplinar através de estratégias inteligentes e novas tecnologias de informação nos sistemas de comunicação, instrumentação, controles de potência e frequência, afetações por falhas e no gerenciamento da demanda-geração.

**Palavras-chave:** SmartGrids, automação inteligente, tecnologias de informação.

### INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das comunidades rurais é muito limitado quando há deficiências no fornecimento estável de energia elétrica que permite a utilização de novas tecnologias em

---

\* Universidade do Estado de Amazonas - EST-UEA, Manaus, AM, Brasil, Eng. em Controle Automatico. Doutor em Automatica e Computacao. E-mail: benitez.israel@gmail.com

\*\* Universidade do Estado do Amazonas – UEA, Coordenador do Curso de Eng. de Controle e Automação, Manaus, Amazonas, Brasil, Eng. Indl Mecânico, Doutor em Inst. e Controle. E-mail: wvalenzuela7@gmail.com

\*\*\* Universidade do Estado do Amazonas – UEA, Aluna do Curso de Especializacao em Mecatronica Industrial Eng. de Controle e Automação, Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: liviagmaciel@gmail.com

\*\*\*\* Universidade de Sao Paulo – EP-USP, Departamento de Mecatronica, Sao Paulo, Brasil, Lic. em Computacao, Doutor em Computacao E-mail: reinaldo@usp.br

\*\*\*\*\* Universidad de Oriente-FIE-UO, Departamento de Control Automatico. Facultad de Ing. Electrica, Santiago de Cuba, Cuba, Eng. em Controle Automatico. Estudante Doutorado. E-mail: jadid@fie.uo.edu.cu

todos os domínios da vida. A garantia de uma geração de electricidade local sustentável de energias renováveis existentes nessas áreas, bem como constituindo em si uma fonte de emprego e de inovação, também disponível com qualidade permite uma série de serviços sociais e profissionais para o negócio e o desenvolvimento social da comunidade. Muitas destas comunidades têm sistemas elétricos isolados onde a garantia do controle eficiente de potência e frequência, gerenciamento demanda-geração, afetações por falhas e ataques de intrusos é um problema muito mais grave do que nas redes interligadas.

Com o aumento no uso de geradores de fontes renováveis, tornou-se um desafio garantir confiabilidade de geração de electricidade, devido em primeiro lugar à flutuação das fontes renováveis de energia dependentes das condições atmosféricas e em segundo lugar, a que a electricidade geradas por energias renováveis são alimentadas principalmente em redes de distribuição de baixa tensão e estas redes foram originalmente projetados para fluxo unidirecional, quer dizer de grandes geradores para os consumidores. Outro problema é o fato de que o aumento da geração distribuída afeta a frequência da rede e é necessário para garantir que os drivers dos geradores estejam corretamente parametrizados para garantir a estabilidade da rede para a conexão e desconexão de geradores e cargas.

Neste ambiente, o desafio é conseguir redes inteligentes e robustas, capazes de resistir a ataques externos e resistir a penetração de energia de fontes renováveis intermitentes, mantendo a qualidade da alimentação e um equilíbrio adequado do mesmo. A abordagem atual para a realização destes requisitos é o desenvolvimento de redes inteligentes de energia (Smart Grids) (FANG et al., 2012).

A operação da rede deve garantir o sucesso dos controles de tensão e frequência. Em contraste com a frequência, a tensão depende da topologia da rede, sua estrutura e fluxos de energia ativa e reativa entre fontes e consumidores conectados à rede. A existência de geradores distribuídos significa que os fluxos de energia não são unidirecionais, para que manter a tensão nos intervalos admissíveis tornou-se um tópico de pesquisa científica. O controle da frequência (garante da estabilidade e confiabilidade da rede) pode ser dividido em três níveis de controle; primário, secundário e terciário (OLIVARES et al., 2014). Estes níveis operam com tempos de resposta diferentes e são ativados, passo a passo, começando com o primário e terminando com o terciário. O controle primario reage em segundos para os desvios da frequência ajustando a potência do gerador em questão, de acordo com um determinado valor estático. Depois de um minuto o controle secundario substitui o primário e é tenta estabilizar para a frequência nominal. Se não é possível estabilizar o valor da

frequência logo de 5 minutos o controle terciário é ativado, então funciona manualmente. Neste processo de controle os agentes (JENNINGS & BUSSMANN, 2003) podem ser de valor significativo, como entidades do controle do sistema de energia distribuída e negociar o funcionamento da rede de forma otimizada, minimizando custos e tempo de inatividade.

As microredes caracterizam-se por seu tamanho pequeno, a presença de geradores distribuídos e cargas que podem ser manipuladas e isoladas da rede elétrica principal. Por isso, os sistemas multi-agentes inteligentes (SMA) (MARIK & MCFARLANE, 2005) são de grande valor para sua aplicação no controle das microredes, fornecendo soluções possíveis em seu controle e proteção segundo as características próprias dos SMA: proatividade, reatividade e comportamento social. (JENNINGS & BUSSMANN, 2003)

Há abundante literatura sobre este tema e suas questões pendentes incluem: desenvolvimento de sistemas de instrumentação inteligente avançado adaptado para micro-SmartGrids de energia renovável que vai garantir as informações do sistema integrado, sistemas de comunicação industrial poderosos e monitoramento de sistemas de operação e manutenção sustentável de micro-SmartGrids das energias renováveis, eficientes controles de potência e frequência capazes de solucionar a intermitência e a dispersão de geradores de energia renovável, reconfiguração inteligente para eficiência de gestão demanda-geração elétrica, monitoramento inteligente para situações anormais e tolerância a falhas, supervisão inteligente da rede de comunicação e cybergurança da SmartGrid.

No seguinte item são apresentados os objetivos do trabalho. No segundo item se resume o estado da arte internacional focado aos materiais e métodos deste trabalho. No terceiro item a situação particular no estado de Amazonas e discussão de resultados seguidos das conclusões do trabalho.

## **1 OBJETIVO E QUESTÃO PROBLEMA**

O objetivo deste trabalho é propor um caminho para criar Micro-SmartRuralGrids para comunidades rurais isoladas da Amazonia, que permita criar condições nessas comunidades para aprimorar o desenvolvimento sustentável e o nível de competência e habilidades das gerações jovens para implementar, operar e aproveitar essas SmartRuralGrids.

Para facilitar isso propõe-se um intercâmbio de experiências entre os grupos científicos de universidades e empresas coligadas relacionado com projetos de design, implementação e controle inteligente da SmartRuralGrids e sua adaptabilidade as diferentes condições de

iluminação solar, vento, água, biomassa, marés e outras fontes renováveis, bem como as diferentes características do ambiente social, geográfica e tecnológica.

O trabalho tem que propor soluções sobre a integração de tecnologia multidisciplinar através de estratégias nos sistemas de comunicação e novas tecnologias de informação e monitoramento, instrumentação avançada, controles de potência e frequência, gerenciamento de demanda-geração, tolerância a falhas e cyber-segurança das SmartRuralGrids em comunidades rurais isoladas em condições das áreas rurais da Amazonia.

## 2 DESCRIÇÃO DE MATERIAIS E MÉTODOS

No 2011 foi relatado pela IEA (Agência Internacional de Energia) no documento Technology Roadmap of Smart Grids (Rota tecnológica de las SmartGrids) que:

*Uma rede inteligente é uma rede elétrica que usa tecnologias digitais e outras tecnologias avançadas para monitorar e gerenciar o transporte de electricidade de todas as fontes de geração, para atender às demandas de electricidade variáveis de consumidores finais. (IEA, 2011)*

Realizando uma adaptação tecnológica, geográfica e social desta definição para comunidades rurais isoladas em Amazonia se gera uma variante adaptada com sobreposição das funções de vários atores e níveis de automação, gerando uma estrutura muito mais pequena, mas ao mesmo tempo mais complicada para alcançar os mesmos objetivos.

O EPRI (Electric Power Research Institute) também tem um extenso trabalho dedicado ao desenvolvimento de SmartGrids, chamadas de IntelliGrids. A visão da arquitetura de IntelliGrid é mais orientada para macro-SmartGrids, mas muitos dos seus conceitos, estratégias e métodos podem ser usados e adaptados às condições particulares de comunidades rurais isoladas da Amazonia. No entanto, devido à complexidade dos componentes e sua interação não permite fazer uma mera simplificação, mas bem requer de um estudo científico de adaptação mantendo os objetivos de eficiência global do sistema.

Um dos objetivos do projeto EPRI é criar uma biblioteca de funções do sistema de potência. Os resultados do design em UML dessas funções do sistema de potência do estudo EPRI podem ser usadas para aprofundar nas particularidades das micro-SmartRuralGrids adaptadas às condições de isolamento e recursos mínimos destas comunidades. O estudo aprofundado da dinâmica do sistema é essencial para projetos de eficiência contra a aleatoriedade das fontes renováveis de energia, assim propõe-se adicionar o uso das redes de Petri hierárquicas estendidas GHENeSys (BENITEZ, 2008) para um design UML-PN que permita a verificação das propriedades e validação funcional da dinâmica do sistema.

O centro de pesquisa DesignLab da EP-USP (<http://dlab.poli.usp.br/site/>) tem uma grande experiência de modelagem e simulação de sistemas de energia e de automação industrial usando modelos UML-PN, de eventos discretos e híbrido, que permite fazer design desejados das microredes elétricas inteligentes para diferentes condições climáticas, geográficas e sociais em diferentes comunidades rurais, bem como testes simulados destes sistemas, reduzindo o ciclo de vida de projetos e erros de design antes dos testes experimental, resultando na redução dos custos de implementação para esses locais.

Em ICT (Information and Communication Technology) dentro dos projetos do EPRI (Fig. 1) estão integradas as áreas de pesquisa: Interoperabilidade, Comunicações, Gerenciamento & análise de Dados, Integração de sistemas, Medição Avançada.

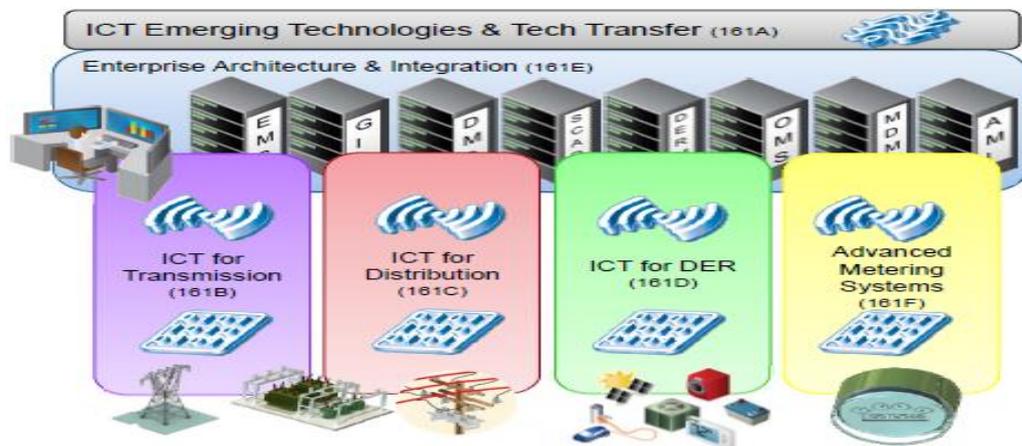


Figura 1 - ICT de uma IntelliGrid. Fonte EPRI

Estes detalhes das medições avançadas integradas ao sistema eficiente de gestão informática de dados com suporte numa rede de comunicações interoperável é essencial para o sucesso em sustentabilidade e manutenção dos serviços associados com nossas SmartRuralGrids nas comunidades isoladas da Amazonia.

Os sistemas AMI desenvolvidos para a microSmartRuralGrid devem ser integrados em uma arquitetura SCADA inteligente com um banco de dados relacional, adaptado às condições mínimas para um micro-SmartRuralGrid, portanto, os métodos de compressão e de gestão de dados estabelecidos internacionalmente devem ser adaptados para as condições especiais destes micro-sistemas.

Então a seguir desta base deve-se passar para o design formal, desenvolvimento a criação de protótipo e testes simulado em laboratório das diferentes variantes do AMI-SCADA e armazenamento de dados eficiente.

O CITCEA (UPC, Barcelona) (<http://www.citcea.upc.edu/>) possui um moderno laboratório de testes experimentais para redes elétricas com diferentes fontes renováveis e

extensa experiência em projetos aplicados em empresas industriais relacionados as redes inteligentes e procedimentos para a obtenção da eficiência energética em eletrônica de potência e sistemas de automação industrial.

Com suporte nestes resultados deve se continuar para o nível superior de integração com a gestão dos sistemas automatizados de produção-demanda de energia e sistemas informáticos de gestão de negócios destes sistemas para uma interface inteligente com os consumidores-productores que compõem a micro-SmartRuralGrid. Só desta forma é que verdadeiramente podem se integrar esses serviços da comunidade com as SmartGrids que os suportam através do fornecimento estável de energia elétrica. Conseguir resolver essa complexidade com um hardware de computador mínimo, alta confiabilidade e fácil manutenção não é uma tarefa fácil para se adaptar às realidades de zonas rurais isoladas, mas tem que ser resolvido para o progresso de forma rentável globalmente para a segurança energética, sem impacto sobre a saúde do planeta.

Na Europa existe o projecto FP7 (MARTINEZ, 2014) que propõe uma SmartRuralGrids para comunidades rurais europeias mas não avaliam as características completamente diferentes de outras regiões do planeta mais fortemente relacionadas com a mitigação das alterações climáticas, tais como as regiões arborizadas de America Latina. As possibilidades de estender esta pesquisa científica para outras particularidades e unir esforços de outros grupos científicos, universidades e empresas em fins semelhantes seriam excelentes resultados para ambas as comunidades (europeia e latino-americana). O volume de cada linha temática envolvida em torno do SmartRuralGrids é enorme e há espaço para desenvolver muito trabalho de pesquisadores. Apenas a cooperação do maior número de especialistas interessados neste trabalho pode garantir a velocidade dos resultados que requer o mundo para a garantia de energia sustentável e a saúde do planeta

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

No norte do Brasil se localizam comunidades isoladas sem acesso ao Sistema Interligado Nacional (SIN) de geração e distribuição de energia elétrica. Segundo o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) estes pequenos sistemas isolados, localizados na região amazônica, fazem parte de 1,7% da energia requerida pelo país, onde estão utilizando-se geradores a diesel, com funcionamento durante 3 a 4 horas por dia (RIBEIRO, 2010)

Na região do estado do Amazonas, as características da região, restrições ambientais e técnicas inviabilizam a implantação de redes de distribuição convencionais, além disso, os

sistemas isolados do Amazonas possuem características especiais como: um mercado consumidor reduzido e disperso com demanda reprimida acentuada e baixo nível de renda; alto custo de geração, baseada, essencialmente, na utilização de combustíveis derivados de petróleo, muitas vezes transportados através dos rios; receitas insuficientes para cobrir os custos operacionais das concessionárias, além de elevadas perdas técnicas nos sistemas de geração e distribuição, implicando em grandes perdas financeiras (BARRETO, 2008).

A energia é um elemento essencial para a atividade econômica e o bem-estar da cidadania, e está fortemente relacionada com a mudança climática. A geração de energia é responsável por grande parte das emissões de gases de efeito estufa e constitui a causa fundamental da mudança climática e da contaminação atmosférica (BENEDITO, 2013, p.17). Todo o parque geracional de energia na região amazônica tem basicamente como matriz energética a hidroelétrica ou termoelétrica, (BARRETO, 2008) os combustíveis fósseis na forma óleo diesel, liberando dióxido de carbono. Isto, juntamente a outras emissões geradas pela atividade humana, como o metano e o óxido nitroso, acentua o “efeito estufa” natural.

Nos últimos anos há um crescente interesse por fomentar a exploração das fontes de recursos energéticos renováveis. Desta procura por geração de energia “limpa” surgiu a idéia de microssistemas e sistemas híbridos de geração, os quais integram diferentes fontes de energia para suprir a demanda, e aplicáveis nas comunidades rurais isoladas da Amazonia.

Os microssistemas híbridos para a produção de eletricidade são uma alternativa de geração distribuída, sustentável, com impacto socioeconômico e comunitário, uma vez que garantem o fornecimento de energia durante 24 horas assim promovendo a qualidade de vida e a atividade econômica, além de reduzir o uso de combustíveis fósseis (BENITEZ-PINA, et al. 2013). O sistema híbrido usado com mais frequência é o que consiste em juntar módulos fotovoltaicos com turbinas eólicas, unido a armazenadores hidráulicos e em baterias.

Além disso, segundo Ribeiro (2010), em tais aplicações o sistema deve possuir as seguintes características: capacidade de expansão e robustez; alta eficiência e ser adequado para operação em condições ambientais adversas. Pretende-se assim, desenvolver a modelagem e simulação de um sistema de controle inteligente distribuído que garanta a operação autônoma, eficiente e ininterrupta do microssistema. Levando sempre em consideração, a confiabilidade, a qual é um dos principais problemas destes tipos de sistemas. Utilizando-se para isso, as tecnologias de automação modernas que a incluem automação de supervisão inteligente, o qual permite a tomada de decisão eficaz nas variações aleatórias de condições de funcionamento (BENITEZ-PINA, et al. 2013).

As técnicas aplicadas para resolver a complexidade destes sistemas incluem programação orientada a agentes (AOP), que surgiram como um paradigma de programação de propósito geral e encontraram-se em automação industrial, uma de suas aplicações. Sob esta abordagem para sistemas distribuídos, tornam-se Sistemas Multiagentes (SMA), constituídos por comunidades de unidades autónomas, inteligentes destinadas a obtenção de objetivos que são so' possíveis quando efetivamente cooperarem uns com os outro.

O intercâmbio de informações no SMA destina-se a coordenar os elementos que trabalham juntos para um objetivo comum, outra interação é a sincronização das ações antes de iniciar uma atividade particular ou resolver conflitos. Essas interações são realizadas através do intercâmbio de informações (transmissão de mensagens) em modo síncrono ou assíncrono e ocorrem entre agentes semelhantes ou diferentes dentro do mesmo ambiente ou em ambientes heterogêneos.

O micro-sistema híbrido de geração de energia estudado consiste de um gerador eólico, um gerador fotovoltaico e um gerador diesel de respaldo, também um armazenador hidráulico e um banco de baterias. A metodologia MaSE utilizada para o design formal é composto por duas fases básicas: análise e design. A primeira fase tem três etapas: captura dos objetivos, implementação de casos de uso e refinamento das funções. A fase de concepção tem quatro etapas: criar os tipos de agentes, construir conversações, preparar as classes de agentes e desenvolver design. Na figura 2 tem representado o diagrama de objetivos gerais do SMA na micro-SmartRuralGrid em desenvolvimento.

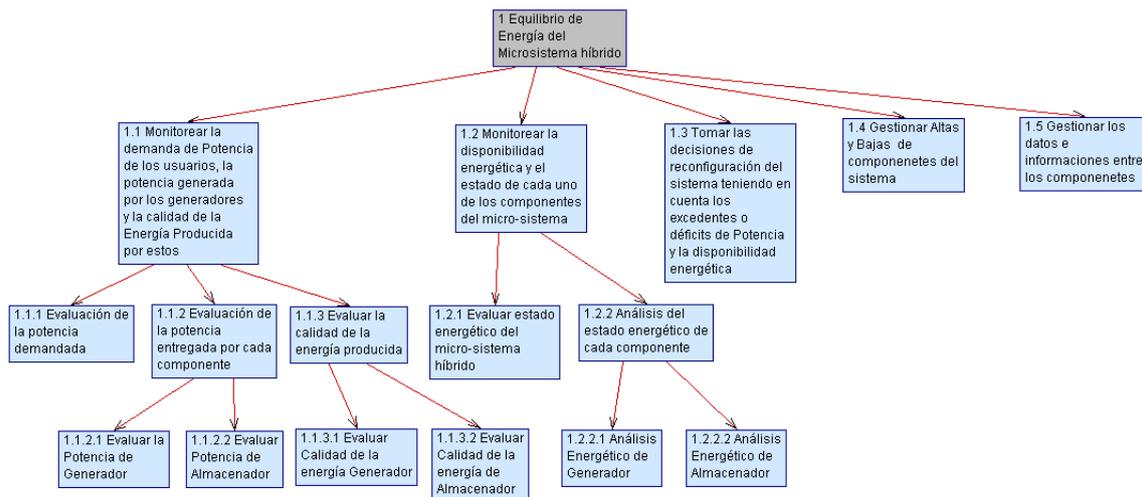


Figura 2 - Diagrama dos objetivos do MAS para geração de energia na microSmartRuralGrid

O SMA proposto para testar a comunicação entre os agentes foi implementado usando o software MATLAB. Geralmente, linguagens orientados a objetos, como C++ ou Java, são

usados para desenvolver o SMA. A linguagem orientada a objeto é preferida para criar SMA porque tem alguma similaridade com a abordagem dos agentes. No entanto, MATLAB tem sido usada porque é amplamente aplicado em processos industriais simulados como os sistemas distribuídos de geração elétrica com energias renováveis.

O Matlab, mesmo em suas versões mais recentes, não tem quaisquer ferramentas ou bloco dedicado especificamente para trabalhar com agentes ou Sistemas Multiagentes, mas se você tem blocos funcionais definidos pelo usuário no simulink (ambiente Matlab para a simulação com o diagrama de bloco), entre eles as chamadas s-função (funções de simulink) que podem ser programadas no Matlab, ou até mesmo código C ou C++. S-função programadas em linguagem Matlab provou ser a variante mais adequada para representar os agentes, porque é o mais versátil de funções definidas pelo usuário, dando-lhe a possibilidade das comunicações usando outras funções do Matlab . A Figura seguinte (Fig. 3) mostra os blocos (s-função) que representam agentes (AI1 AI2 AI3, agente de potência, AMS), que visam regular a potência gerada na rede a partir do valor da potência útil das fontes renováveis de cada gerador. Então, usando o protocolo de comunicação entre agentes gerencia-se o equilíbrio de energia entre geradores e cargas.

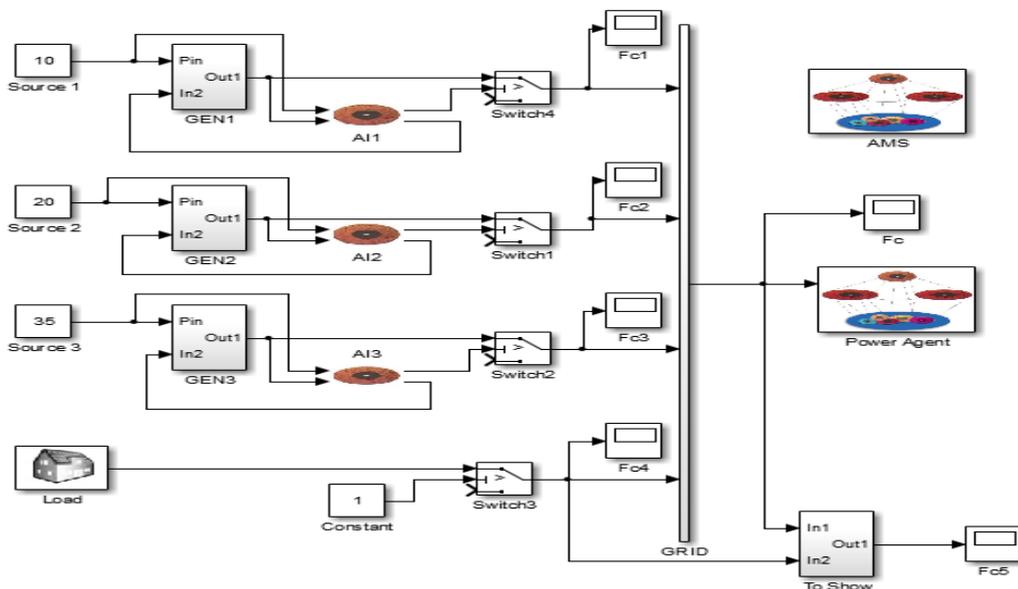


Figura 3 - Simulação no MatLab do MAS para geração de energia na microSmartRuralGrid

Com isso espera-se que o microssistema proposto possa ser viável para ser implantado e sirva como modelo para outras comunidades da região amazônica, visando à cidadania, o bem-estar e o desenvolvimento das comunidades.

## 4 CONCLUSÕES

A micro-SmartRuralGrids com SMA proposta na modelagem UML-PN desenvolvida e simulada por meio do MatLab permite testar a adaptação as diferentes condições de iluminação solar, vento, água, e outras fontes renováveis de comunidades isoladas da Amazonia e logo desenvolver sua integração ao entorno rural para aprimorar o desenvolvimento sustentável e o nível de competência e habilidades das gerações jovens para implementar, operar e aproveitar esses SmartRuralGrids. Sem os sistemas multiagentes não seria possível obter os níveis de sustentabilidade da geração elétrica para manter eficientes serviços econômicos e sociais suportados pela eficiência dessas micro-SmartRuralGrids.

## REFERÊNCIAS

- BARRETO, Eduardo José Fagundes; et al. **“Tecnologias de Energias Renováveis Soluções Energéticas para a Amazônia”**, Ministério das Minas e Energia, 1ª Edição, 2008.
- BENITEZ-PINA, R. Villafafila-Robles, P. Olivella-Rosell, A. Sudrià-Andreu e L. Vazquez-Seisdedos. **“Supervisory system design of automation in renewable electric hybrid microsystems”**. 13th Spanish-portuguese conference on electrical engineering. (<http://aedie.org/papers/186-benitez.pdf>) 2013.
- BENITEZ, I.; SILVA, JR.; VILLAFRUELA, L.; GOMIS, O.; SUDRIA, A. **Modeling extended Petri nets compatible with GHENeSys IEC61131 for industrial automation**. The Int. Journal of Adv. Manufac. Techn. Vol.36, N.11-12. Springer London. April 2008.
- BENITO, Y. **Energia e Mudança Climática** - Apostila do Programa de Capacitação em Energias Renováveis - Observatório de Energias Renováveis para a América Latina e o Caribe - ONUDI, 2013.
- FANG, X.; MISRA, S.; XUE, G.; YANG, D. **SmartGrid-The new and improved power grid: A survey**. IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol:14, Issue:4. 2012.
- IEA (International Energy Agency). **Technology Roadmap of Smart Grids**. OECD/IEA, 2011. [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/smartgrids\\_roadmap.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/smartgrids_roadmap.pdf).
- JENNINGS, N.; BUSSMANN, S. **Agent based control systems**. IEEE Control Syst, Mag. Vol.23. June 2003.
- MARIK, V.; MCFARLANE, D. **Industrial adoption of agent-based technologies**. IEEE Computer. Jan-Feb, 2005.
- MARTINEZ, S. **EU Commission supports Smart Rural Grid research & innovation**. FP7 Smart\_Rural\_Grid, Estabell Energia SA. 2014. <http://smarruralgrid.eu/wp-content/uploads/2014/03/smart-rural-grids-press-release-10.3.14-1.pdf>.
- OLIVARES, D.; MEHRIZI, A.; ETEMADI, A.; CANIZARES, C.; IRAVANI, R.; KAZERANI, M.; HAJMIRAGHA, A.; GOMIS, O.; SAEEDIFARD, M.; PALMA, R.; JIMENEZ, G.; HATZIARGYRIOU, N. **Trends in microgrid control**. IEEE Transaction on Smart Grid. Vol.5, Issue.4. 2014,
- RIBEIRO, Luiz A. de S.; Saavedra, Osvaldo R.; Lima, Shigeaki L.; Matos, José G. de; Lima, Shigeaki L.; Bonan, Guilherme; Martins, Alexandre S. **“Controle e Operação de um Sistema Híbrido de Geração de Energia Elétrica a partir de Fontes Renováveis”**. Congresso Brasileiro de Automatas. 2010.



SINTES - SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA E SUSTENTABILIDADE  
Manaus – Amazonas – 07 a 10 de abril de 2015

Abedalsalam Bani–Ahmed, Luke Weber, Adel Nasiri, Hossein Hosseini. **Microgrid Communications: State of the Art and Future Trends**. 3rd International Conference on Renewable Energy Research and Applications. Milwaukee, USA 19-22 Oct 2014.

Rehan Fazal, Jignesh Solanki, Sarika Khushalani Solanki. **Demand Response using Multi-agent System**. 2012 IEEE.

J. Aabakken. **Power Technologies Energy Data Book** Third Edition. US Dept. of Energy. Technical Report NREL/TP-620-37930 April 2005