

---

# UTILIZAÇÃO DE ALGORITMOS GENÉTICOS NA CRIAÇÃO DE USUÁRIOS ATIVOS PARA O SIMULADOR DE CONTROLE DE DISPOSITIVOS RESIDENCIAIS INTELIGENTES - HOMESAPIENS

---

**Caio Augustus Morais Bolzani**  
caio.bolzani@poli.usp.br

**Marcio Lobo Netto**  
lobonett@lsi.usp.br

São Paulo, SP, Brasil  
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos

---

## ABSTRACT

This work intends to demonstrate the use of Genetic Algorithms in the creation of active virtual beings in order to populate the HomeSapiens – the smart home simulator described in (Bolzani, 2004a). Through a gene manipulation, virtual beings are created to walk around in the simulated environment, activating command interfaces, and so interacting in real time with the virtual scenario. The introduction of these new virtual beings moves up the evaluation to extreme levels, allowing a more realistic analysis of the control systems implemented, impractical before when the events were generated only by the system administrator.

**KEYWORDS:** Genetic Algorithms, Home Automation, Domotics, Control Systems, Smart Homes, HomeSapiens

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo demonstrar a utilização de Algoritmos Genéticos na criação de seres virtuais ativos para popular o HomeSapiens – o simulador de residências inteligentes proposto em (Bolzani, 2004a). Através da manipulação de genes, são criados seres virtuais que se movimentam pelo ambiente simulado e acionam interfaces de comando, interagindo em tempo real com o cenário virtual. A introdução desses novos seres permite avaliar o funcionamento do simulador em condições adversas e limites, possibilitando uma análise mais realista dos sistemas de controle utilizados, impraticável anteriormente quando os eventos eram apenas disparados pelo administrador do sistema.

**PALAVRAS-CHAVE:** Algoritmos Genéticos, Automação Residencial, Domótica, Sistemas de Controle, Residências Inteligentes, HomeSapiens

## 1 MOTIVAÇÃO

O presente trabalho agrega conceitos de Vida Artificial ao simulador de controle de dispositivos residenciais inteligentes (Bolzani, 2004a). Tal simulador permite realizar estudos sobre residências inteligentes, tema este que inclui sistemas eletrônicos voltados à aplicação domiciliar (Sistemas Domóticos), bem como computação

pervasiva e onipresente através da introdução de inúmeros micro dispositivos eletrônicos inteligentes imersos no ambiente simulado. No referido trabalho são descritos o método de desenvolvimento do simulador computacional de dispositivos residenciais inteligentes, e vários conceitos de âmbito tecnológico, considerando também suas relações com aspectos comportamentais humanos. O simulador permite manipular e visualizar as interações entre dispositivos eletrônicos e usuários da residência inteligente possibilitando uma análise do comportamento de ambos e a descoberta de métodos efetivos de convivência entre homens e máquinas no ambiente doméstico.

O trabalho aqui proposto tem como objetivo utilizar conceitos de Vida Artificial e Algoritmos Genéticos para criar seres virtuais com determinadas características padronizadas, mas combinando pré-disposições típicas de diferentes personalidades com alguma aleatoriedade natural de sistemas que contemplem muitas variáveis. Pretende-se assim introduzir detalhes aleatórios e imprevisíveis, compatíveis com as realizadas por moradores reais em uma casa. A motivação para introduzir tais possibilidades no simulador se deve ao fato de que ele não permitia até então que usuários virtuais pudessem controlar ou criar eventos que alterassem o funcionamento dos sistemas domóticos, dificultando ou mesmo impossibilitando a comparação da casa inteligente com outra que não possuísse os sistemas de controle embarcados. Essa comparação tornou necessária pois não havia métodos que comprovassem os benefícios da inserção de sistemas de controle em ambientes residenciais como a redução do consumo de fontes energéticas, sendo esta apenas uma de suas qualidades.

## 2 BREVE INTRODUÇÃO À AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

Residências inteligentes e sistemas domóticos têm atraído crescente interesse uma vez que possibilitam a atuação supervisionada e não supervisionada de dispositivos eletrônicos em uma residência, exercendo tarefas complexas e interagindo com usuários e com o meio físico (Bolzani, 2004b). A utilização de tais dispositivos no ambiente residencial deflagra uma série de discussões e questões em várias outras disciplinas, quando o comportamento humano é avaliado. Desta forma, o

desenvolvimento de residências inteligentes reúne esforços de Engenharia, Ciência da Computação, Inteligência Artificial, Psicologia, Sociologia e Filosofia, caracterizando-se como uma área multidisciplinar.

A adoção de sistemas computacionais, redes de dados e dispositivos de automação em residências tem crescido muito nos últimos anos, alavancada pela introdução da computação pessoal e do advento da Internet (Van Harmelen, 1994), (O'Driscoll, 2001), mas ainda carece de muita pesquisa no sentido de torná-los onipresentes e transparentes ao usuário, aumentando os níveis de conforto e segurança. O simulador intitulado HomeSapiens permite antecipar e analisar o resultado das interações humanas com um ambiente computacionalmente ativo, bem como prever o comportamento dos dispositivos frente a essa forma de interação. Todo o trabalho aqui proposto foi desenvolvido a partir desse referido simulador.

### 3 O SIMULADOR ORIGINAL

HomeSapiens é um projeto em desenvolvimento realizado no Laboratório de Sistemas Integráveis da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo com o objetivo de criar uma ferramenta de análise do funcionamento dos sistemas de controle de ambientes residenciais. Uma visão mais detalhada pode ser encontrada em (Bolzani, 2004a). O HomeSapiens se baseia em um programa computacional todo desenvolvido na linguagem Java e que permite analisar o comportamento de um residência dotada de dispositivos inteligentes e sistemas de controle frente a eventos climáticos e interações externas do administrador do programa. Detalhes de algoritmos em Java para a construção do sistema podem ser encontrados em (Bigus, 2001).

A Figura 1 ilustra a tela principal desse simulador onde podem ser vistos em primeiro plano a planta baixa da residência em análise, o gerador de eventos climáticos e o painel de monitoramento. Pode-se ainda observar as interfaces com os sistemas de controle, sensores, atuadores, dispositivos inteligentes e os seres virtuais, acompanhando a dinâmica de funcionamento do sistema. Outro exemplo do uso de dispositivos inteligentes em residências pode ser encontrado em (Leventis, 2003).



Figura 1 Tela principal do simulador HomeSapiens

Em uma residência inteligente existem inúmeros fatores e variáveis que devem ser analisados continuamente, bem como tarefas complexas que devem ser realizadas a fim de promover a gestão suave e contínua dos dispositivos e atuadores. Sendo assim, a implementação de todos os métodos de percepção, planejamento e atuação em um sistema unificado se torna um trabalho árduo e que reúne várias desvantagens, dentre elas a dificuldade de manutenção das lógicas de comando, o gerenciamento de prioridades de decisões e a busca por erros. Em (Elsenpeter, 2003), destaca-se ainda a dificuldade da implementação prática das complexas lógicas nos circuitos microprocessados embutidos nos nós de controle e de aquisição de dados. Deste modo, a gestão da residência inteligente é dividida em vários subsistemas responsáveis cada um por operações bem específicas e gerenciados por um controlador central, correspondendo portanto a uma estrutura hierárquica. Os sistemas de controle doravante denominados sistemas domóticos são divididos em 14 modalidades e são os que efetivamente alteram as condições físicas da casa através da interação direta com os sensores e atuadores. Eles são listados a seguir:

**Sistema de detecção e controle mecânico** – determina a função e posicionamento de sensores, detectores e atuadores. É o sistema mais básico de uma residência inteligente e de presença constante.

**Sistema de energia elétrica** – analisa a qualidade da energia recebida e na sua falta exerce rotinas alternativas, como uso de baterias e geradores, além de controlar o consumo de todos os outros sistemas.

**Sistema de ventilação, aquecimento e ar-condicionado** – controla todo o sistema relativo ao conforto térmico.

**Sistema de iluminação** – exerce controle sobre todas as lâmpadas da residência, possibilita a realização de cenas de iluminação, auxilia o sistema de segurança e provê meios para a redução do consumo de energia.

**Sistema de detecção e combate de incêndios** – monitora fogo e fumaça em todos os cômodos e executa funções de alerta e evacuação, atuando em portas e janelas.

**Sistema de segurança patrimonial** – exerce monitoramento contra intrusos e executa funções de alerta.

**Sistema de identificação e automação de acessos** – exerce controle de portas, realiza processos de identificação, gerencia níveis de acesso.

**Sistema multimídia** – controla todas as funções relativas a áudio e vídeo, compõem filtros de mídia e controla listas de execução e preferências.

**Sistema de fluidos e detritos** – gerencia o sistema de abastecimento de água potável. Controla a liberação de dejetos e esgotos, saída de lixo e reciclagem de material.

**Sistema de telefonia** – responsável por gerenciar, armazenar e redirecionar as ligações telefônicas.

**Sistema de redes de computadores** – gerencia todos os processos necessários para o transporte e armazenamento de dados digitais.

**Sistema de rastreamento e percepção** – provê informações de posicionamento e de ações dos usuários.

**Sistema de monitoramento e visualização** – gerencia todo o sistema de interface com o usuário, provê personalização de funções e telas, e exerce monitoramento sobre as atividades da residência possibilitando aprendizagem e melhoria das funções da casa.

**Sistema de auditoria e otimização de processos** – baseado nos dados provenientes dos sistemas de monitoramento, verifica o funcionamento de todos os outros sistemas, gera relatórios temporais, indica falhas e sugere otimizações.

Esses dois últimos são também chamados de meta-sistemas que apesar de não influenciarem diretamente a gestão da residência inteligente como fazem os demais, contribuem no sentido de otimizar suas funções e decisões. São sistemas que cuidam de sistemas. Eles também operam como gerenciadores filtrando os eventos gerados pelas camadas mais baixas a fim de não sobrecarregar o gerenciador principal com erros primários. No entanto, observando as tendências tecnológicas dos modernos sistemas de software, tem-se aumentado gradativamente a responsabilidade de cada sistema doméstico na gestão residencial tornando o sistema global gerencialmente distribuído, horizontal e mais dinâmico.

Essa abordagem foi estudada e recomendada em (Russel, 2002), (Evans, 1991) e (Chiu, 2005).

## 4 PROPOSIÇÃO

Este trabalho visa criar seres virtuais e aprimorar os algoritmos relativos à caracterização, cognição e atuação desses seres, conferindo-lhes um comportamento mais semelhante ao humano, observado no dia-a-dia de uma residência através de análises de sua ocupação. A criação de sistemas artificiais que se assemelham a organismos vivos deve partir da observação das funções cotidianas de tais organismos, com o intuito de desenvolver algoritmos que demonstrem comportamentos normalmente atribuídos a seres vivos. Alguns pesquisadores perceberam uma analogia no comportamento de bactérias, formigas, cidades e dos neurônios humanos (Russel, 2002), (Johnson, 2003). O interessante neste estudo é que todos estes sistemas não têm controle unificado. Os inúmeros elementos que o compõem são dotados de pouca inteligência (apenas ação e reação), mas propiciam o surgimento de sistemas emergentes muito complexos em um plano de visão superior.

Uma residência inteligente com centenas de dispositivos computacionais conectados e habitada por dezenas de seres virtuais não apresenta ainda vontade própria ou pode ser considerada um exemplo de sistema emergente. Mas dentro de alguns anos, com a adoção maciça de minúsculos dispositivos inteligentes, ou seja, com a introdução de equipamentos eletrônicos espalhados pela casa auxiliando

as decisões dos usuários e muitas vezes tomando suas próprias, talvez venha a emergir um plano artificial e superior, complexo o suficiente para ser comparado a um ser autônomo e inteligente.

O termo “inteligente” é utilizado neste trabalho como diferenciador entre o estado mais simples do sistema em questão e aquele que contempla muitos valores agregados e assim sendo considerado como evoluído. No momento que a residência é construída com a possibilidade de se auto gerir, acredita-se que o termo “inteligente” possa ser empregado sem restrições. No entanto, exceto pelos usuários virtuais descritos a seguir, não se quer fazer qualquer menção à capacidade humana e nem mesmo ferir fortes conceitos definidos em áreas como Inteligência Artificial ou Ciência Cognitiva. Neste capítulo, o termo é apropriado para descrever uma capacidade dos dispositivos e do próprio sistema, que por combinarem em algum grau autonomia, tomada de decisão e inferência, podem ser chamados de inteligentes.

Vale ressaltar que o termo tem sido muito utilizado comercialmente e com fins publicitários para enaltecere novas funcionalidades de equipamentos, dispositivos, sistemas ou serviços. Porém, na verdade, muitas vezes não desempenham efetivamente uma capacidade de aprender, compreender, interpretar ou desenvolver alguma forma de intelecto ou perspicácia.

## 5 A CRIAÇÃO DE USUÁRIOS INTELIGENTES

Com a introdução dos conceitos mencionados até então, torna-se possível criar usuários que possam causar modificações no comportamento dos sistemas domésticos de uma residência inteligente, de modo semelhante ao praticado por usuários reais. Desta forma, torna-se viável a comparação das casas inteligentes, que se adaptam e se reorganizam frente a estas mudanças de comportamento, com as que não possuem tais qualidades.

Por meio de Algoritmos Genéticos, métodos de aprendizado e técnicas de recombinação de genes, são criados usuários ativos (com relação à capacidade de intervenção no meio que vivem) e cujo comportamento é passível de caracterização e padronização. No entanto, tal padronização não compromete o caráter dinâmico e de certa forma imprevisível da vida de um ser virtual que tenta imitar os atos de um ser real, na medida em que trata da personalidade destes agentes e não das suas ações finais.

Um personagem virtual que desenvolva algum dos conceitos acima apresentados permite a melhor exploração e entendimento dos processos envolvidos no comportamento humano. Assim, após estabelecido um modelo para tal personagem, este pode ser implementado em uma arquitetura de inteligência artificial para testar e aperfeiçoar as abordagens teóricas e experimentais de tais processos. A programação evolucionária introduz a possibilidade de se agregar métodos de ajuste eficientes aos mecanismos de controle e de regulação na busca da solução. Esses mecanismos operam através da introdução de mutações nos seres virtuais que promovem modificações em suas

estruturas genéticas gerando seres com características diversas dentro de um extenso domínio de soluções. Em um segundo instante, existe a possibilidade de inserir esses novos seres no ambiente simulado, avaliá-los e testá-los frente aos sistemas domóticos através das interfaces de controle.

Por fim, a recombinação genética permite que a interação dos elementos de vida artificial produza soluções próprias, independentes, de certa forma, da situação inicial proposta pelo programador dos algoritmos genéticos e da programação evolucionária.

## 6 CLASSIFICAÇÃO DOS USUÁRIOS

Um usuário representa uma pessoa localizada na residência. A figura 2 ilustra sua representação gráfica no simulador. O sistema é capaz de distinguir quatro tipos de usuários com diferentes necessidades, prioridades e direitos:

**Administradores:** têm todos os direitos adquiridos e podem controlar e monitorar os recursos da residência. Eles manipulam os dispositivos, gerenciam usuários e grupos, podem definir eventos e perfis para os outros usuários. Eles também podem definir o controle de acesso a determinados ambientes e dispositivos inteligentes. É o nível mais alto na hierarquia de administração da residência, sua atuação é ainda prioritária em relação a qualquer sistema domótico.

**Moradores:** Em um segundo nível estão os moradores ou usuários do cotidiano. Eles podem adquirir diferentes níveis de acesso, bem como especificar uma variedade de cenas e preferências. A prioridade dos moradores, em relação aos sistemas domóticos, é relativa, ou seja, todos os eventos e comandos gerados pelos moradores estão sujeitos à análise energética e de segurança por parte dos sistemas domóticos e do controlador central.

**Visitantes:** Este terceiro grupo engloba usuários esporádicos, familiares, amigos, técnicos de manutenção, etc. Sua prioridade é inferior aos usuários anteriormente citados e sistemas. O cadastro, por questões de segurança, tem prazo de validade determinado.

**Intrusos:** Um usuário desta modalidade é aquele que não pertence a nenhum dos outros grupos e é criado para verificar as respostas da residência inteligente frente às tentativas de intrusão. Este grupo apresenta o menor nível de prioridade possível.

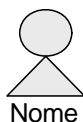


Figura 2 Representação gráfica do usuário

Uma vez criado um usuário, ele está possibilitado a trafegar pelos ambientes da casa. O acesso a cada cômodo, no entanto, dependerá diretamente da permissão que lhe foi dada. Ao longo do percurso, os sistemas domóticos serão sensibilizados pela presença de cada usuário através do modo indireto – simplesmente por estarem em determinado cômodo, ou pelo modo direto – acionando os dispositivos

através de uma interface localizada em cada ambiente. A partir dessas entradas, os sistemas tomam suas decisões e efetuam os procedimentos necessários de acordo com a programação de cada um.

## 7 METODOLOGIA UTILIZADA

Conforme mencionado, para que os usuários virtuais pudessem atuar nos sistemas domóticos, foram criadas interfaces de controle do tipo painéis de toque em todos os cômodos da residência, possibilitando assim um meio para o envio de comandos. Dessa forma, uma vez passando pelo painel o usuário é capaz de escolher uma ação dentre as 4 possíveis disponibilizadas por cada um dos 12 sistemas domóticos (com exceção dos meta sistemas), totalizando 48 ações (Figura 3).

Em um modo de operação, o administrador do sistema, um usuário real, aciona os dispositivos da residência modificando os sistemas domóticos conforme sua necessidade, criando cenas diferenciadas para cada teste a ser realizado. Noutro modo de operação, os moradores virtuais acionam as interfaces aleatoriamente de acordo com uma personalidade pré-definida segundo a qual certas ações se tornam mais prováveis. Tal personalidade varia de acordo com uma lista de ações que é explicada a seguir.

Cada usuário é associado a uma lista com 12 itens, sendo que cada item corresponde a uma das 4 ações disponibilizadas por cada um dos 12 sistemas domóticos. Esta lista apresenta características semelhantes ao modo de funcionamento dos genes humanos e por isso foi denominada “DNA”. A fim de se mensurar o resultado da interação frente ao meio (*fitness*) para cada ação, é estabelecida uma nota que acrescenta ou subtrai pontos do usuário. Como a intenção é criar seres virtuais que interfiram acentuadamente na gestão da residência inteligente, atos que demonstram certas tendências de desorganização, esquecimento e desperdício recebem uma pontuação mais expressiva comparada aos usuários inertes. Com isto objetiva-se avaliar quão eficiente é o comportamento da residência, que deve resolver bem os conflitos gerados por tais moradores.

Como o objetivo deste trabalho foi validar e monitorar as situações e reações dos sistemas domóticos, os seres com pontuação dentro de uma certa faixa previamente estipulada (significando seres com tendências de desorganização) teriam maior chance de conceber seus usuários-filhos, perpetuando suas características congênitas e de interesse ao processo de simulação da residência inteligente. Outros usuários que não alcançassem tal situação, refletindo o baixo poder em alterar as características de controle da residência inteligente, não devem ter a possibilidade de conceber novos usuários e devem ser eliminados.

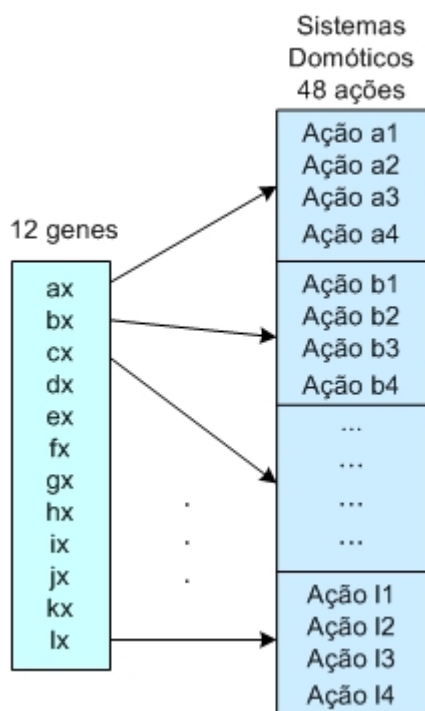


Figura 3 Relação entre genes e as possíveis ações

No início do processo, onde não existem pais para conceber seus filhos, é de responsabilidade do simulador a criação da primeira população de seres virtuais. Para isso, foi utilizado o conceito de Algoritmos Genéticos de forma a permitir uma ampla variedade de seres com DNAs distintos, enfraquecendo a possibilidade de alguma forma de viés. Ao longo da vida destes seres, caminhando pelos cômodos da casa, vão se criando várias situações, tanto pelo trajeto que percorrerem, quanto por atuarem nos sistemas domésticos através dos comandos via painéis de toque. Deste modo, através das notas recebidas pela suas atuações é possível que, uma vez alcançando o valor mínimo necessário para a procriação, eles possam conceber filhos no instante do encontro com outros seres virtuais ao longo do trajeto. Por motivos computacionais, no momento da concepção, os pais são eliminados, para que não haja sobrecarga do sistema devido ao elevado número de seres.

Na concepção de novos usuários por intermédio dos pais é utilizado o conceito de comutação de genes (*crossover*) que pode ser fixo ou variável. O *crossover* fixo quebra o DNA paterno sempre no mesmo local, transferindo sempre a mesma quantidade de seus genes para o usuário-filho. O *crossover* variável realiza essa quebra em pontos aleatórios da cadeia de DNA. Esses dois modelos permitem analisar a importância do modo de comutação de genes nas características genéticas dos usuários-filhos. A figura a seguir ilustra os possíveis processos de comutação genética.

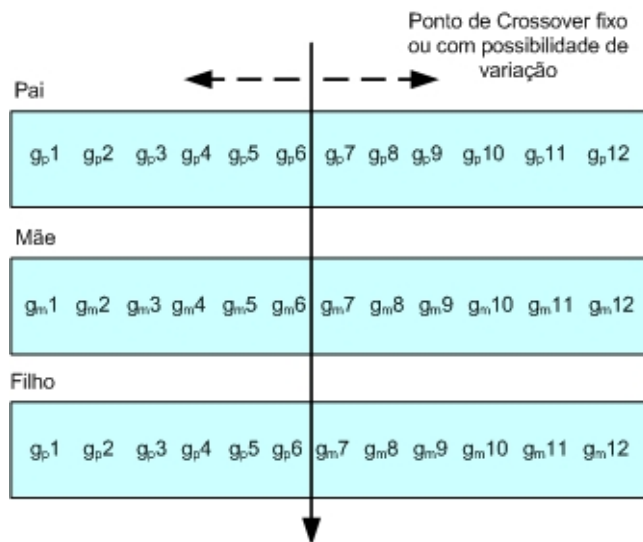


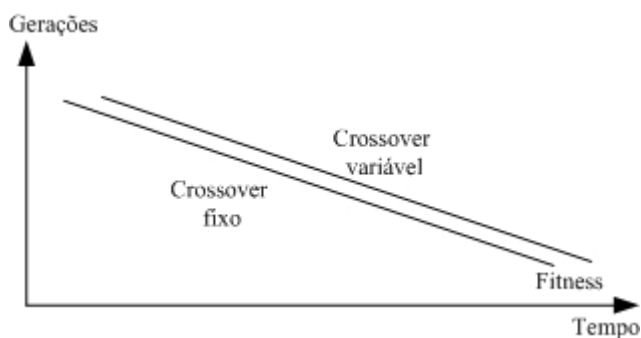
Figura 4 Representação gráfica do *crossover*

O sistema foi concebido de modo que o ponto de *crossover* possa ser mudado a qualquer momento, mesmo com o sistema em pleno funcionamento. Porém é interessante mantê-lo intacto durante várias gerações para que haja a possibilidade de se comparar as influências do modelo de *crossover* estático com o dinâmico.

## 8 RESULTADOS E ANÁLISE

A utilização de agentes auxiliando nas tarefas diárias tem sido muito pesquisada nas disciplinas de Robótica e Sistemas Multi-Agentes e é perfeitamente cabível no contexto das residências inteligentes. A participação do administrador nas tomadas de decisão sobre o funcionamento da casa inteligente foi reduzida uma vez que os sistemas domésticos se tornaram responsáveis pela sua gestão. No entanto, a simulação utilizando personagens típicos, baseados em Vida Artificial, possibilita uma ampla validação de todos os sistemas criando situações densas e complexas através da interação destes personagens com perfis próximos aos dos usuários reais.

O método de concepção de novos seres baseados na pontuação obtida pelos usuários-pais possibilitou, depois de algumas gerações, obter-se moradores com fortes tendências à desorganização proporcionando um maior dinamismo e realismo nas simulações. Outro ponto interessante é que variando-se os valores das pontuações, consegue-se direcionar o processo de criação de novos seres dependendo de quais fatores se deseja fortalecer ou não, abordagem também encontrada em (Hornby, 2005) e (Moon, 2000). Ou seja, dessa forma, através das notas, percebe-se uma diferença entre as personalidades dos seres virtuais, devido às mudanças das características do meio simulado.



**Figura 5** Comparação entre *crossover* fixo e variável

Ao contrário do esperado, não foi muito significativa a mudança nas características dos DNAs dos usuários-filhos devido a comutação genética fixa ou variável. Em ambos os casos obteve-se um tempo similar para o alcance do *fitness* necessário para a procriação (Figura 5).

## 9 CONCLUSÃO

A utilização de Algoritmos Genéticos na busca da solução de problemas envolvendo grandes quantidades de variáveis tem sido explorada em vários campos da ciência, desde análises eletromagnéticas de superfícies (Haupt, 1995), Economia (Matwin, 1991), até na criação de sistemas de controle em usinas nucleares (Na, 1998). Obviamente, a criação de seres artificiais tem sido também amplamente utilizada pois os Algoritmos Genéticos são provenientes da própria natureza da criação dos seres vivos. Baseado nesses aspectos e devido à necessidade de se popular o simulador, foram empregados os conceitos destes algoritmos para a efetiva solução do problema em questão. Apesar de não haver uma grande inovação na técnica evolutiva apresentada, pois foram utilizados AG tradicionais adaptados para essa aplicação específica, a solução encontrada se mostrou apta para a análise de ambientes computacionalmente imersos como os encontrados na Automação Residencial e na Computação Pervasiva.

A introdução de seres ativos baseados em conceitos de Vida Artificial no HomeSapiens possibilitou a simulação de um ambiente residencial dotado de sistemas de controle com uma abordagem mais dinâmica e realista. Introduzindo padrões de comportamento mas ainda com efeitos imprevisíveis, alcançou-se um grau de realismo maior, eliminando atuações repetitivas, aleatórias e sem expressão humana.

A utilização dos painéis de toque dinamizou a simulação como um todo, enriquecendo a interferência do usuário no meio, ampliando o domínio das decisões por parte dos sistemas em resposta ao aumento do número de eventos gerados. Os algoritmos utilizados neste trabalho proporcionaram uma maior diversificação na criação dos usuários e introduziram um método para o desenvolvimento de certas características de personalidade para os seres virtuais. Eles também podem ser usados para melhorar a qualidade dos sistemas de controle, tanto nas tomadas de decisão quanto na relação com o usuário, indo de encontro às suas necessidades e preferências.

Uma utilização que se mostrou interessante foi a criação de usuários com padrões de comportamento bem definidos, ou seja, que atuam diretamente sobre uma região que se deseja analisar. Um exemplo é a análise das cenas de iluminação, criando-se usuários com grande probabilidade de atuar neste sistema, estressando-o e tornando mais rica a análise de todo o conjunto.

Apesar dos seres simplesmente perambularem pela casa seguindo regras de locomoção bem simples e sem uma conduta associada, característica que poderia enfraquecer a simulação com respeito ao aspecto humano e cognitivo, foram satisfatórias as situações de interatividade e as ocasiões de recombinação criadas.

Uma aplicação interessante baseada neste trabalho seria a utilização não só na Automação Residencial, mas também na criação de indivíduos para outros ambientes de simulação, como os prediais, extrapolando os conceitos aqui apresentados.

## REFERÊNCIAS

- Bigus, J. P. (2001). *Constructing Intelligent Agents Using Java*, Wiley.
- Bolzani, Caio A. M. (2004a). *Desenvolvimento de um Simulador de Controle de Dispositivos Residenciais Inteligentes*, Dissertação de Mestrado, EPUSP.
- Bolzani, Caio A. M. (2004b). *Residências Inteligentes*, Editora Livraria da Física.
- Chiu, C.; Hsu, P.-L. (2005). A Constraint-Based Genetic Algorithm Approach for Mining Classification Rules Systems, *IEEE Transactions on Man and Cybernetics*, Vol. 35, Issue 2, Pages: 205 – 220.
- Elsenpeter, R. C. (2003). *Build Your Own Smart Home*, McGrawHill – Osbourne.
- Evans, G. (1991). Solving Home Automation Problems Using Artificial Intelligence Techniques. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 37.
- Hornby, G. S. et al. (2005). Autonomous Evolution of Dynamic Gaits With Two Quadruped Robots, *IEEE Transactions on Robotics*, Issue 99, Pages: 1 – 1.
- Johnson, S. (2003). *Emergência*, Ed. Jorge Zahar.
- Leventis, A., et al. (2003) Intelligent Devices for Appliances Control in Home Networks, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 49, Pages: 328 – 336.
- Matwin, S. (1991). Genetic algorithms approach to a negotiation support system. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, Volume 21, Issue 1, Pages: 102 – 114.
- Moon, J.; Kang, S. (2000). Multi-Agent Architecture for Intelligent Home Network Service Using Tuple

- Space Model. *IEEE Transaction on Consumer Electronics*, Vol. 46, Issue 3, Pages: 791 - 794.
- Na, M. G. (1998). Design of a genetic fuzzy controller for the nuclear steam generator water level control. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, Volume 45, Issue 4, Part 3, Pages: 2261 – 2271.
- O'Driscoll, G. (2001). *The Essential Guide to Home Networking Technologies*, Prentice Hall.
- Russel, S. J.; Norvig, P. (2002). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Prentice Hall, 2nd edition.
- Van Harmelen, G. L. (1994). System Impact of Decentralised AI Controllers Operating on Domestic Devices in the Intelligent Home. *IEEE Conference Proceedings. Advanced Technologies in I & M*. Vol.3, Pages: 1111 – 1114.
- Srinivas, M.; Patnaik, L.M. (1994). Genetic algorithms: a survey. *Computer*, Volume 27, Issue 6, Pages: 17 – 26.

## Referências Adicionais

- Al-Ali, A.R. (2004). Java-based home automation system. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Volume 50, Issue 2, Pages: 498 – 504.
- Choi, J.; et al. (2005). Research and implementation of the context-aware middleware for controlling home appliances. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Volume 51, Issue 1, Pages: 301 – 306.
- Gelenbe, E., et al. (2001). Simulation with learning agents. *Proceedings of the IEEE*, Volume 89, Issue 2, Pages: 148 – 157.
- Hanover, G. (1989). Networking the intelligent home. *IEEE Spectrum*, Volume 26, Issue 10, Pages: 48 – 49.
- Haupt, R.L. (1995). An introduction to genetic algorithms for electromagnetics. *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, Volume 37, Pages: 7 – 15.
- Huhns, M.N.; Singh, M.P. (1998). Anthropoid agents. *IEEE Internet Computing*, Volume 2, Issue 1, Pages: 94 – 95.
- Liao, Ying-Hong.; Sun, Chuen-Tsai. (2001). An educational genetic algorithms learning tool. *IEEE Transactions on Education*, Volume 44, Issue 2, Page: 20
- Maulsby, D.; Witten, I.H. (1997). Teaching agents to learn: from user study to implementation. *Computer*, Volume 30, Issue 11, Pages: 36 – 44.
- Ryan, J. L. (1989). *Home automation. Electronics & Communication Engineering Journal*, Volume 1, Issue 4, Pages: 185 – 192.