

# Uma Abordagem Baseada em Agentes para Planejamento e Monitoramento de Serviços de Saúde

Nécio de Lima Veras<sup>1</sup>, Mariela I. Cortés<sup>2</sup>, Gustavo A. Lima de Campos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)  
Rodovia CE-075, s/n - Aeroporto – Tianguá - Ceará

<sup>2</sup>Universidade Estadual do Ceará (UECE) - Fortaleza, CE - Brasil

necio.veras@ifce.edu.br, {mariela, gustavo}@larces.uece.br

**Abstract.** *The continuous improvement of the offered services is a challenge, specially when the resources are scarce. The National Program for Improving Access and Quality of Primary Care (PMAQ), foments the continuous growth of the access and quality of health services based on self-evaluation, planing and monitoring of the health teams work. This paper presents an intelligent computer architecture to give support to the health services planning oriented by goals, assisting in the evaluation of the teams' performance and their progressive growth considering resources and local demands. The solution specifies agents able to plan and monitor the services to increase teams' performance according the PMAQ indicators.*

**Resumo.** *A melhora contínua da prestação de serviços é um desafio, especialmente com escassez de recursos. O Programa Nacional de Melhoria do Acesso e da Qualidade da Atenção Básica (PMAQ) promove o contínuo crescimento do acesso e qualidade dos serviços com base na autoavaliação, planejamento e monitoramento do trabalho das equipes de saúde. Este artigo apresenta uma arquitetura computacional inteligente para dar suporte ao planejamento de serviços orientado por metas, auxiliando na avaliação do desempenho das equipes e da sua melhoria progressiva considerando recursos e demandas locais. A solução especifica agentes capazes de planejar e monitorar os serviços para melhorar o desempenho das equipes conforme os indicadores do PMAQ.*

## 1. Introdução

O Programa Nacional de Melhoria do Acesso e da Qualidade da Atenção Básica (PMAQ-AB), pressupõe 47 indicadores agrupados em 7 áreas. Seu objetivo é criar um ciclo contínuo de crescimento do acesso às ações e serviços de saúde pelos usuários, para alcançar um padrão de qualidade comparável nacional, regional e localmente [BRASIL 2012]. A proposta do PMAQ é criar nas equipes uma cultura de aperfeiçoamento contínuo implementada por meio de autoavaliação, monitoramento, educação permanente e apoio institucional. No entanto, para lograrem êxito neste processo, as equipes da atenção básica (EAB) enfrentam grandes desafios. Entre eles, destaca-se a necessidade de qualificação nos processos de trabalho das equipes, de forma a orientar o trabalho em função de prioridades, metas e resultados, definidos em comum acordo pela equipe, gestão municipal e comunidade [Ladeira 2011].

O Ministério da Saúde (MS), considerando o conjunto dos desafios enfrentados pelas EAB, estruturou o Programa usando sete diretrizes básicas [BRASIL 2012]. Idealizou-se dentre outras coisas, a utilização de parâmetros de comparação entre as equipes considerando diferentes realidades; o melhoramento incremental e contínuo de indicadores de acesso e qualidade que qualificam a organização e trabalho da Equipe; o desenvolvimento cultural de negociação e contratualização em função de compromissos e resultados pactuados. Percebe-se que estão envolvidos no processo o planejamento orientado pela busca de resultados e o monitoramento e acompanhamento de indicadores de saúde. Tendo em vista que a unidade de avaliação do PMAQ é a equipe de saúde, o MS estabeleceu os 47 indicadores como um meio de mensurar o desempenho das equipes em relação ao acesso e a qualidade dos serviços oferecidos por elas. Em [BRASIL 2012] é possível visualizar as fórmulas para calcular cada um dos indicadores com suas respectivas variáveis.

A informática em saúde relaciona-se às atividades de cuidado à saúde e pode ser um importante aliado estratégico para o avanço da Saúde Coletiva. Entretanto, apesar da grande difusão de tecnologias da informação e comunicação na área da Saúde Pública, em um nível municipal ainda existe uma demanda crescente da gestão dos serviços e da produção das informações em saúde [Silva et al. 2012] [Barbosa and Forster 2010]. Existem poucos projetos visando tornar o PMAQ aplicável no dia a dia de trabalho dos profissionais da área de saúde, portanto, o desenvolvimento de ferramentas que possibilitem automatizar e otimizar o planejamento de atividades poderia propiciar um aumento da produtividade e da satisfação com o trabalho e, conseqüentemente, melhorar o serviço de atendimento aos usuários.

O presente artigo propõe uma arquitetura abstrata de um sistema inteligente capaz de atuar no planejamento orientado por metas e monitoramento dos serviços prestados pelas EAB através de uma agenda eletrônica, conforme os recursos disponíveis e a demanda requerida. A solução envolve a definição de dois agentes, de planejamento e monitoramento respectivamente.

## **2. Trabalhos relacionados**

A ferramenta computacional apresentada em [Silva et al. 2012] tem como função principal calcular indicadores de qualidade com base no PMAQ com objetivo de apresentar relatórios de apoio para que a equipe de saúde possa monitorar os serviços prestados. O trabalho mostrou-se capaz de auxiliar as equipes de saúde na implantação e manutenção do PMAQ, especialmente, no que se refere ao monitoramento dos indicadores estabelecidos pelo programa, porém, não usou de métodos inteligentes para propor um planejamento ou estratégia para corrigir ou, ainda, prever possíveis deficiências da equipe em relação à previsão dos indicadores.

No trabalho de [Barbosa and Forster 2010], os autores apresentam um estudo sobre a percepção dos profissionais da atenção básica (AB) em relação ao uso do Sistema de Informação em Saúde (SIS) como ferramenta facilitadora de suas ações, principalmente, no âmbito do planejamento. Nas conclusões, percebe-se que o planejamento automatizado de ações na saúde é algo que parece distante da realidade de muitas unidades básicas de saúde (UBS) da AB no modelo de saúde brasileiro, tendo em vista que as ferramentas disponíveis não estão especializadas para este fim e, mesmo que estivessem, ficou

evidenciado uma subutilização do sistema por parte da Equipe alvo da pesquisa.

Várias pesquisas sobre Agentes de Informação Médica (MIA) concentram-se na implantação de sistemas multiagentes para resolver problemas de planejamento na área de saúde. Em [Braun et al. 2005] o principal objetivo foi obter um planejamento multiagente eficiente para ambientes dinâmicos de planejamentos em saúde. Os detalhes dos subprojetos englobados no trabalho mostram boas contribuições para arquiteturas de sistemas inteligentes aplicados à área da saúde. No entanto, os mesmos não são estendidos ao planejamento de atendimentos na atenção primária.

Em [Vermeulen et al. 2009] foi apresentada uma abordagem adaptativa para otimização automática de agendamento de recursos. O agendamento eficiente de consultas de pacientes em recursos dispendiosos é uma tarefa complexa e dinâmica. O trabalho trata do uso da Inteligência Artificial na resolução de problemas da área médica, especificamente, otimização dinâmica para o planejamento de atendimentos e alocação de recursos em um Hospital Médico Acadêmico. A modelagem matemática do problema e da simulação, assim como os resultados gerados pelas simulações, apresentam soluções satisfatórias para os problemas elencados e podem ser usados como modelos para a criação/adaptação de uma nova abordagem ou simulação para o caso do planejamento de atendimentos em saúde na atenção primária, porém levando em conta os indicadores propostos no PMAQ.

### 3. Um sistema multiagente para o planejamento e monitoramento de serviços de saúde

Este artigo apresenta uma abordagem computacional com propriedades inteligentes materializada para a solução de dois problemas, definidos informalmente da seguinte forma: (a) alocação de serviços de saúde em uma agenda dinâmica otimizada conforme demandas locais e orientada por metas e (b) monitoramento dos serviços ofertados objetivando calcular os valores dos indicadores definidos pelo PMAQ a partir da agenda otimizada.

A solução proposta abrangendo ambos os problemas incorpora heurísticas para o problema de alocação e otimização do agendamento, e a tecnologia de agentes inteligentes para o monitoramento do desempenho, cuja adequação já vem sendo testada para o domínio da saúde [Braun et al. 2005]. Para isso, idealizou-se uma arquitetura de sistema inteligente englobando os aspectos fundamentais da proposta. A Figura 1 ilustra abstratamente a arquitetura idealizada para a materialização da abordagem.

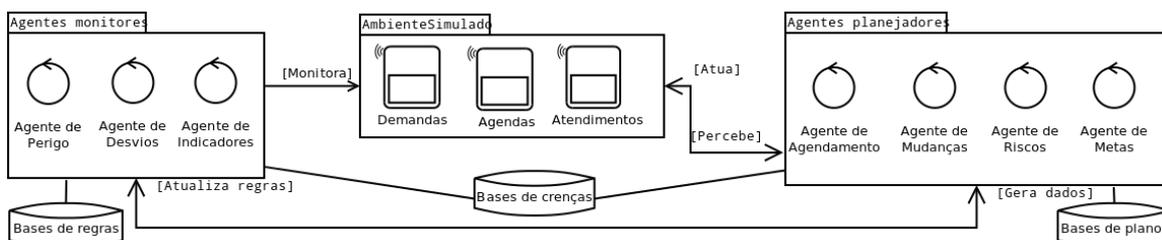


Figura 1. Arquitetura do sistema inteligente

O *AmbienteSimulado* é um *workspace* que contém artefatos de ambiente da tecnologia Cartago [Ricci et al. 2009], e é responsável por simular cenários específicos para

demandas dos serviços ofertados, emitindo sinais para os agentes que o monitoram. Os *Agentes Monitores* percebem as alterações ambientais no *Ambiente Simulado* e executam ações segundo as suas respectivas bases de regras. Estes, comumente, possuem uma estrutura reflexiva (descrita em [Russell and Norvig 2003]), onde seu comportamento é regido por regras condição-ação. Vale frisar que as bases de regras sofrem atualizações do outro grupo de agentes, os *Agentes Planejadores*.

O grupo monitor é formado por três agentes, são eles: Agente de Perigo, Agente de Desvios e Agente de Indicadores. O presente artigo detalha na Seção 5.2 o Agente de Indicadores. Esse agente tem como missão calcular indicadores com fórmulas pré-estabelecidas contidas em sua base de regras. No grupo dos *Agentes Planejadores* existem agentes que realizam tarefas de planejamento com bases (ou bibliotecas) de planos. O grupo é formado por Agente de Agendamento, Agente de Mudanças, Agente de Riscos e Agente de Metas. O trabalho atual especifica o agente responsável por planejar uma agenda dinâmica de serviços para cada EAB, o Agente de Agendamento. A agenda é orientada por metas e visa otimizar o cumprimento para as demandas existentes. Este agente incorpora a formulação da agenda dinâmica (formalmente descrito na Seção 4) como fundamento para executar seus planos por meio de heurísticas de otimização.

#### 4. Formalização da agenda dinâmica para o Agente de Agendamento

Partindo da arquitetura apresentada na Seção 3, esta seção objetiva formalizar matematicamente uma agenda para ofertar serviços de saúde. A alocação de um serviço qualquer ( $S_x$ ) pertencente ao conjunto dos serviços ofertados ( $S$ ) em uma agenda ( $G$ ) caracteriza um atendimento apenas quando o serviço for efetivamente executado em um ambiente de atendimento. Neste trabalho, para o planejamento de uma agenda semanal associada a um profissional  $G_s^P$ , define-se que esta é representada como uma matriz composta por  $c$  colunas e  $l$  linhas que indicam a alocação de serviços  $S_{lc}$  que pertencem à  $S$  na agenda, onde  $c$  representa os dias da agenda e  $l$  a unidade de tempo de execução do serviço, formalmente definida como:

$$G_s^P = (S_{lc})_{l \times c} = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & S_{1c} \\ S_{21} & S_{22} & \dots & S_{2c} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ S_{l1} & S_{l2} & \dots & S_{lc} \end{pmatrix}, \text{ tal que } c \leq 7 \text{ e } l \leq 8 \quad (1)$$

Uma agenda mensal de um profissional  $G_m^P$  pode ser visualizada como um conjunto de até cinco agendas semanais, dado por:

$$G_m^P = \{G_{s_1}^P, G_{s_2}^P, G_{s_3}^P, G_{s_4}^P, G_{s_5}^P\} \quad (2)$$

Para o modelo proposto, segundo [BRASIL 2012], observou-se a relação entre os serviços da agenda e os indicadores. Viu-se que (1) certos indicadores são influenciados pela realização dos serviços de uma agenda e podem ser calculados a partir dos serviços alocados na agenda; (2) outros indicadores não sofrem nenhuma alteração em seus valores por conta dos serviços de uma agenda; e (3) existem indicadores que influenciam no planejamento da alocação de serviços de uma agenda e portanto são determinantes para a valoração das quantidades dos serviços a serem alocados em uma agenda.

Como resultado, a partir do universo de indicadores do Programa foi extraído um subconjunto de indicadores que estão ligados com o planejamento a partir de demandas e capacidades locais para atendimentos nas UBS. A Tabela 1 relaciona os serviços identificados com os indicadores. Os quinze indicadores relacionados pela Tabela 1 exercem

**Tabela 1. Mapeamento entre serviços ofertados e indicadores do PMAQ/2012**

<b>Serviço Ofertado</b>	<b>Indicador(es)</b>
Atendimento de Pré-natal	1.2
Prevenção do câncer ginecológico	1.6
Visitas domiciliares	Pessoas acompanhadas no domicílio
Consulta de puericultura	2.1
Consulta médica	2.1, 2.5, 2.6, 5.1
Consulta de Hipertensos e Diabéticos	3.3, 3.4
Ação coletiva de escovação dental supervisionada	4.1
Consulta Odontológica	4.2
Consulta Odontológica à Gestante	4.3
Consulta de enfermagem	5.10
Vigilância (tuberculose e hanseníase)	6.1, 6.2

influência direta no processo de planejamento da alocação dos serviços prestados para um conjunto de agendas. O processo de planejamento de uma agenda individual envolve o cálculo de demandas para os serviços ofertados e a determinação de metas almejadas pela EAB. A formulação contempla que determinados serviços podem ser executados por um ou mais profissionais e que a execução de um serviço envolve um custo de tempo. Para este trabalho, os valores para os custos de tempo (em minutos) foram estabelecidos conforme [Brasil 2002], no entanto, a abordagem permite alterar os valores de acordo com possíveis especificidades locais.

Sobre o planejamento de metas para a oferta dos serviços alocados na agenda, idealmente estas devem ser contratualizadas pela Estratégia de Saúde da Família (ESF) municipal com as equipes aderentes ao PMAQ de forma prévia à adesão ao Programa. Como a pactuação de metas não possui caráter obrigatório para as equipes aderentes ao Programa, então deve ser realizada nas situações em que o gestor municipal entender a necessidade e/ou importância de definir previamente as metas para parte ou para a totalidade dos indicadores. Isso torna a proposta flexível e capaz de permitir um planejamento realista da UBS em relação à sua pactuação.

O modelo proposto considera que as metas serão individualizadas conforme o serviço ofertado. A ideia é definir metas locais, calcular as demandas para estimar o quantitativo dos serviços ofertados para um profissional ( $D_P^S$ ) e alocá-los em uma agenda para posterior cálculo de qualidade da agenda da equipe. O volume (em horas) de trabalho de um profissional em relação a um serviço  $S_x \in S$  ( $V_P^{S_x}$ ) no contexto de  $G_m^P$  indica quanto o serviço  $S_x$  foi alocado na agenda. Dado por:

$$V_P^{S_x} = \text{count}(G_m^P, S_x) \quad (3)$$

Vale destacar que *count* é uma função binária capaz de contabilizar quantas horas um determinado serviço  $S_x \in S$  foi alocado em  $G_m^P$ . Esta função binária pode ser definida da seguinte forma:

$$\text{count} : G_m^P \times S_x \rightarrow |S_x|, \quad \text{tal que} : S_x \in G_m^P \quad (4)$$

Assim, a qualidade de  $G_m^P$  é dada por:

$$Q_{G_m^P} = \sum_{i=1}^{Servs} \frac{V_P^{S_i}}{D_P^{S_i}} - P1 - P2 - P3, \text{ onde :} \quad (5)$$

$$P1 = \left( \sum_{j=1}^{DServs^+} \frac{V_P^{S_j}}{D_P^{S_j}} \right) \times 2, P2 = \left( \sum_{l=1}^{DServs^-} \frac{D_P^{S_l}}{V_P^{S_l}} \right) \times 6 \text{ e } P3 = \left( \sum_{q=1}^{DServs^n} \frac{D_P^{S_q}}{100} \right) \times 10.$$

É importante estabelecer que  $\forall S_i, S_j, S_l \in G_m^P$  e  $\forall S_q \notin G_m^P$  temos que:  
*Servs* é a contagem dos serviços não repetidos de  $G_m^P$ ,  
*DServs<sup>+</sup>* é a contagem dos serviços alocados em  $G_m^P$  que estão acima de *D*,  
*DServs<sup>-</sup>* é a contagem dos serviços alocados em  $G_m^P$  que estão abaixo de *D* e  
*DServs<sup>n</sup>* é a contagem dos serviços NÃO alocados em  $G_m^P$ , mas que pertencem ao conjunto *S* associado a um profissional *P*.

Considerando que uma equipe poderá possuir diversas agendas diferentes então a qualidade de uma agenda mensal para esta equipe é calculada por:

$$Q_{G_m^E} = \frac{\sum_{x=1}^o Q_{G_m^{P_x}}}{|E|} \quad (6)$$

Dessa forma, a função de qualidade (Equação 5) avalia o grau de cumprimento dos respectivos serviços em relação às suas demandas. A primeira soma agrupa esse grau para todos os serviços alocados na agenda considerando a relação entre volume de alocação e demanda para os serviços. As somas *P1*, *P2* e *P3* funcionam como penalidades aos serviços desbalanceados em relação as suas demandas. O serviço cujo volume está acima de sua demanda (*P1*) é penalizado com peso dois, enquanto que o serviço abaixo da demanda (*P2*) sofre uma punição mais rígida com peso seis. O último somatório (*P3*) aplica uma penalidade ao serviço que deveria ter sido alocado na agenda mas não foi e, para isso é aplicado um peso dez.

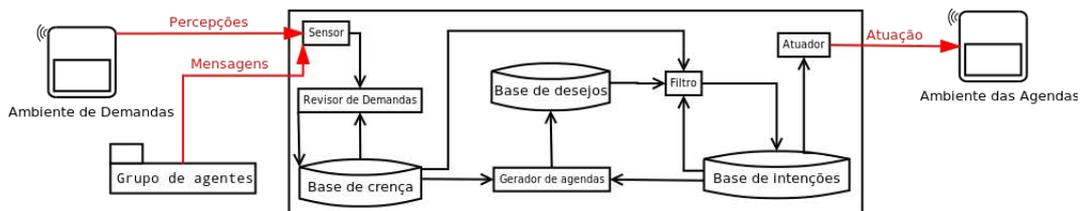
Essas definições matemáticas estão contidas em heurísticas embutidas no Agente de Agendamento e as estruturas computacionais criadas para manipular o formalismo apresentado são utilizadas por todo o sistema inteligente proposto. A seção seguinte apresenta e especifica os dois agentes para planejamento e monitoramento, respectivamente.

## 5. Especificação dos agentes de Agendamento e de Indicadores

### 5.1. O Agente de Agendamento

O Agente de Agendamento é um agente que objetiva planejar atendimentos de saúde orientado por metas. O agente foi projetado usando a tecnologia de agentes Jason [Bordini and Hübner 2005] em uma arquitetura deliberativa baseada em estados mentais fundamentados em *crenças, desejos e intenções*, descrita em [Wooldridge 2008] e conhecida também como arquitetura BDI (*belief, desire e intention*). Sua concepção foi inspirada na proposta filosófica do BDI, pois o Agente crê que uma agenda dinâmica pode ser capaz de atender demandas de serviços ofertados se for otimizada para cumprir com metas preestabelecidas e, para isso, ele deseja planejar inteligentemente a alocação dos serviços

ofertados pela UBS. Desta forma, o Agente se compromete em realizar a otimização. Assim, sua intenção é planejar de maneira inteligente a cobertura para uma oferta dos serviços conforme as metas desejadas, materializando-as sob a forma dos serviços alocados em agendas a serem executadas pelas equipes de saúde. Com isso, o estado final do agente consiste de um grupo de agendas otimizadas. A Figura 2 ilustra os componentes internos do agente.



**Figura 2. Estruturas internas do Agente de Agendamento**

O agente possui sensores capazes de perceber mudanças no Ambiente de Demandas e de receber mensagens vindas de outros agentes com uma solicitação para otimizar agendas. A função Revisor de Demandas gerencia as crenças do agente calculando as demandas com base nas metas percebidas. O desejo de otimizar as agendas é realizado por meio da função Gerador de Agendas que utiliza ações internas específicas de Inteligência Computacional responsáveis por encontrar a máxima qualidade de uma agenda. Em seguida, a função Filtro faz com que o agente delibere em relação à agenda mais apropriada encontrada por meio do uso das heurísticas *Hill Climbing* e *Annealing Simulated* [Russell and Norvig 2003]. Por fim, o agente atua no Ambiente das Agendas inserindo o seu estado atual. O Algoritmo 1 fornece uma visão geral do comportamento do Agente sob a forma da linguagem lógica *AgentSpeak* [Bordini and Hübner 2005].

---

**Algoritmo 1** agenteDeAgendamento

---

```

+agendasDaEquipe(null).
!encontraEMonitoraArtefatos.
+percebeNovasDemandas(Demandas).
+recebeSolicitacoesPorMensagens.
!revisorDeDemandas(Demandas).
!geradorDeAgendas (MelhoresAgendas).
-+agendasDaEquipe(MelhoresAgendas).
!apresentaRelatorio.
!registraAgendas.

```

---

O Algoritmo 2 especifica em pseudocódigo o processo executado pelo Agente por meio do plano *!geradorDeAgendas*. Este plano é responsável por gerar inúmeras agendas a fim de buscar a maximização do valor da função de qualidade das agendas da Equipe em relação ao cumprimento das metas planejadas, conforme formalizado na Equação 6.

## 5.2. O Agente de Indicadores

O Agente de Indicadores é um agente de monitoramento que percebe as agendas planejadas pelo Agente de Agendamento e calcula os indicadores PMAQ relacionados com o planejamento da oferta dos serviços prestados pela UBS. A concepção do agente foi

---

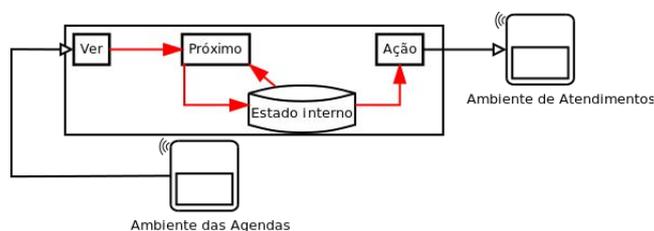
**Algoritmo 2** Processo de Otimização por *HillClimbing* e *Annealing Simulated*

---

```
Inicializa Equipe  $E$  com  $N$  Profissionais
Atribui demandas  $D$  para Equipe  $E$ 
for each Profissional  $P \in E.profissionais$  do
  criaAgenda(A)
  alocaServicosAleatoriamente(A)
  adicionaAgendaNaEquipe(A,E)
end for
Equipe HC  $\leftarrow$  geraOtimizacaoPorHillClibing(E)
Equipe AS  $\leftarrow$  geraOtimizacaoPorAnnealingSimulated(E)
retorne filtraMelhorAgenda (HC, AS)
```

---

inspirada em uma arquitetura reativa simples com estado interno [Wooldridge 2008] e a Figura 3 exibe as estruturas internas do agente.



**Figura 3. Estruturas internas do Agente de Indicadores**

Neste trabalho, o agente possui como função Ação o registro os valores calculados no Ambiente de Atendimentos. Próximo significa o comportamento Agente para calcular os quinze indicadores selecionados pela abordagem. O Estado Interno representa o armazenamento dos valores calculados para cada um dos indicadores a partir das agendas percebidas pela função Ver. O Algoritmo 3 descreve informalmente o comportamento lógico do Agente usando comandos semelhantes aos utilizados pela linguagem *AgentSpeak*.

---

**Algoritmo 3** agenteDeIndicadores

---

```
agendasDaEquipe(null).
!encontraEMonitoraArtefatos.
+percebeNovasAgendas(Agendas).
for each Agenda  $A \in$  Agendas do
  !calculaIndicadores(A).
end for
!registraIndicadores.
!apresentaIndicadores.
```

---

Partindo das definições apresentadas na Seção 4, este artigo buscou a experimentação de funcionamento dos agentes supracitados. Usando uma abordagem mono-objetiva desejou-se maximizar a qualidade de uma agenda mensal de uma equipe de saúde formada por grupos de três diferentes profissionais (enfermeiros, médicos e odontólogos).

## 6. Execução e simulação da abordagem

Esta seção objetiva simular a execução da abordagem considerando ambos os agentes apresentados na Seção 5, assim como, avaliar a formulação do problema orientado por metas, apresentado na Seção 4. Para tanto foi gerado um modelo de instância com dados empíricos, mas em conformidade com [Brasil 2002]. Por meio da utilização dos algoritmos de otimização citados, gerou-se agendas para coletar dados e verificar o cumprimento das metas em relação às demandas instanciadas. O intuito foi maximizar a qualidade das agendas da Equipe para demonstrar que a alocação inteligente de atendimentos possibilita um planejamento que priorize metas, assim como o PMAQ sugere que seja.

Para executar uma simulação com a abordagem proposta foi criado o Agente de Simulação. Este Agente gerencia a simulação criando os ambientes (artefatos Cartago), operando sobre as demandas e comunicando-se com o Agente de Agendamento. Sua missão é preparar os dados representativos para um município e suas Equipes de Saúde, instanciando-os a partir de um modelo textual para então atribuir os valores ao artefato Demandas. O modelo de instância foi concebido a partir das variáveis correlacionadas com os indicadores do PMAQ selecionados na abordagem. Também estão incorporadas ao modelo criado as metas associadas aos serviços ofertados, como podem ser visualizadas na Tabela 3.

### 6.1. Metodologia para a simulação

Em busca de confiabilidade para os resultados, idealizou-se uma instância empírica, porém com configurações semelhantes à de uma UBS do município de Viçosa do Ceará-CE. Para os testes foram produzidas três instâncias com quantidades diferentes para o número de profissionais de uma única equipe, no entanto, com os mesmos valores nas variáveis. As três instâncias estão sumarizadas conforme a Tabela 2 e a valoração das variáveis comuns para elas podem ser percebidas na Tabela 3.

**Tabela 2. Sumário das instâncias de testes**

Instância	Nº de Enfermeiros	Nº de Médicos	Nº de odontólogos
(1)	1	1	1
(2)	2	1	2
(3)	2	2	3

### 6.2. Resultados das execuções

Para cada uma das três instâncias foram gerados dados sobre o comportamento dos agentes propostos. A Figura 4 mostra os resultados para a execução considerando a instância 1. Nota-se que com essa configuração algumas metas foram atingidas, porém, demandas mais altas como a do serviço “Consulta Enfermagem” não puderam ser atingidas pela insuficiência de profissional de enfermagem diante do volume desejado. O mesmo aconteceu com os serviços de odontologia e, por isso, na instância 2 foi acrescentado uma unidade ao número dos profissionais de enfermagem e de odontologia.

Percebe-se pela Figura 5 que foi possível atingir a maioria das metas. É viável concluir que o número de profissionais de enfermagem está adequado, porém, o número de médicos está aquém do mínimo e o número de odontólogos também não foi suficiente para atingir todas as demandas aplicáveis à área de odontologia. A instância 3 visa cobrir

**Tabela 3. Valoração das variáveis da Equipe**

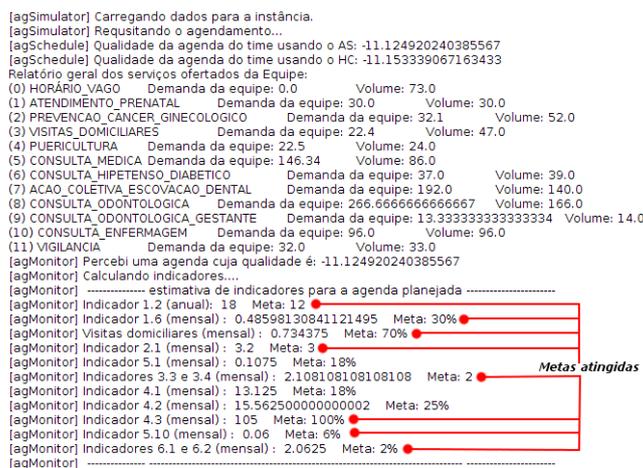
Tipo	Descritor da variável PMAQ ou meta	Valor
PMAQ	<i>numeroGestantesCadastradasEquipe</i>	40
	<i>populacaoFemininaCadastradaCom15AnosOuMais</i>	321
	<i>numeroMenoresDeDoisAnos</i>	15
	<i>numeroDeMenoresDeUmAnoAcompanhadas</i>	09
	<i>numeroDePessoasAcompanhadasNoDomicilio</i>	32
	<i>numeroDeMenoresDeCincoAnosCadastradas</i>	28
	<i>numeroDiabeticosCadastrados</i>	34
	<i>numeroHipertensosCadastrados</i>	40
	<i>populacaoCadastrada</i>	3200
	<i>numeroPessoasComTuberculoseCadastradas</i>	10
	<i>numeroPessoasComHansenioseCadastradas</i>	22
	Meta	Média atendimentos durante o pré-natal
Cobertura para prevenção do câncer ginecológico		30
Cobertura para demanda de visitas domiciliares		70
Média de consultas de puericultura		3
Cobertura para demanda de consultas médica		18
Média de consultas de Hipertensos e Diabéticos		2
Cobertura para demanda de ação coletiva de escovação dental		18
Cobertura para demanda de consultas odontológicas		25
Cobertura para demanda de consultas odontológicas às gestantes		100
Cobertura para demanda de consultas de enfermagem		6
Média de consultas para vigilância (tuberculose e hanseníase)	2	

```
[agSimulador] Carregando dados para a instância.
[agSimulador] Requistando o agendamento...
[agSchedule] Qualidade da agenda do time usando o AS: -23.281603239773982
[agSchedule] Qualidade da agenda do time usando o HC: -23.673700761372242
Relatório geral dos serviços ofertados da Equipe:
(0) HORÁRIO_VAGO Demanda da equipe: 0,0 Volume: 4,0
(1) ATENDIMENTO_PRENATAL Demanda da equipe: 30,0 Volume: 30,0
(2) PREVENCAO_CANCER_GINECOLOGICO Demanda da equipe: 32,1 Volume: 28,0
(3) VISITAS_DOMICILIARES Demanda da equipe: 22,4 Volume: 46,0
(4) PUERICULTURA Demanda da equipe: 22,5 Volume: 24,0
(5) CONSULTA_MEDICA Demanda da equipe: 146,34 Volume: 72,0
(6) CONSULTA_HIPERTENSO_DIABETICO Demanda da equipe: 37,0 Volume: 38,0
(7) ACAO_COLETIVA_ESCOVACAO_DENTAL Demanda da equipe: 192,0 Volume: 67,0
(8) CONSULTA_ODONTOLOGICA Demanda da equipe: 266,6666666666667 Volume: 79,0
(9) CONSULTA_ODONTOLOGICA_GESTANTE Demanda da equipe: 13,333333333333334 Volume: 14,0
(10) CONSULTA_ENFERMAGEM Demanda da equipe: 96,0 Volume: 46,0
(11) VIGILANCIA Demanda da equipe: 32,0 Volume: 32,0
[agMonitor] Percebi uma agenda cuja qualidade é: -23.281603239773982
[agMonitor] Calculando indicadores...
[agMonitor] ----- estimativa de indicadores para a agenda planejada -----
[agMonitor] Indicador 1.2 (anual): 18 Meta: 12
[agMonitor] Indicador 1.6 (mensal): 0.2616822429906542 Meta: 30%
[agMonitor] Visitas domiciliares (mensal): 0.71875 Meta: 70%
[agMonitor] Indicador 2.1 (mensal): 3.2 Meta: 3
[agMonitor] Indicador 5.1 (mensal): 0.09 Meta: 18%
[agMonitor] Indicadores 3.3 e 3.4 (mensal): 2.054054054054054 Meta: 2
[agMonitor] Indicador 4.1 (mensal): 6.281249999999999 Meta: 18%
[agMonitor] Indicador 4.2 (mensal): 7.40625 Meta: 25%
[agMonitor] Indicador 4.3 (mensal): 105 Meta: 100%
[agMonitor] Indicador 5.10 (mensal): 0.02875 Meta: 6%
[agMonitor] Indicadores 6.1 e 6.2 (mensal): 2 Meta: 2%
[agMonitor] -----
```

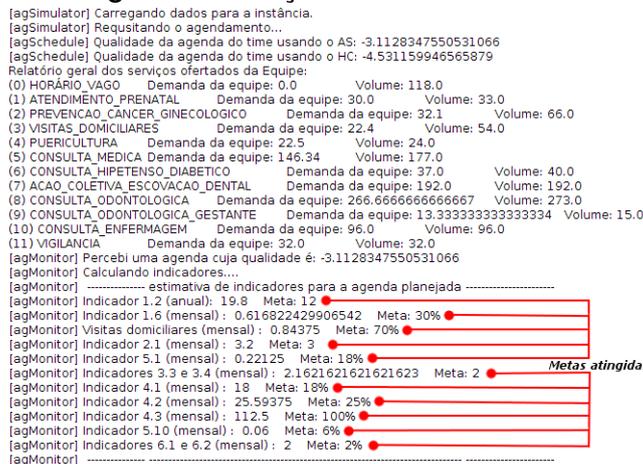
**Figura 4. Execução com a instância 1**

exatamente a lacuna detectada. A Figura 6 atesta que o número de profissionais foi suficiente para garantir o cumprimento das metas estimadas. O valor de qualidade da agenda gerado pela abordagem mostra o grau de satisfação que o Agente de Agendamento pode obter ao otimizar as agendas e, inclusive, subsidiar uma possível sugestão para o número de profissionais ideal de uma equipe de forma a tornar as metas factíveis.

Esse resultado ilustra a adequação da abordagem em relação à área de planejamento e monitoramento. Nas figuras 4, 5 e 6 é possível ver a atuação dos agentes especificados.



**Figura 5. Execuções com a instância 2**



**Figura 6. Execuções com a instância 3**

## 7. Considerações finais

O PMAQ é um programa que objetiva a criação de um ciclo contínuo para o crescimento do acesso e a melhoria da qualidade dos serviços prestados, visando criar nas equipes uma cultura de aperfeiçoamento contínuo. A proposta de uma arquitetura de um sistema inteligente apresentada neste artigo tem a capacidade de atuar no planejamento e monitoramento dos indicadores das EAB, apoiando-as no processo de gerenciamento de suas ações. O modelo gerado possui como principal diferenciação dos trabalhos relacionados a capacidade de atuar na AB, especificamente no PMAQ, utilizando métodos inteligentes para auxiliar na implantação e manutenção do Programa. Por meio de uma formalização do problema foi possível codificar o Agente de Agendamento e os resultados obtidos mostram que é possível usar a orientação por metas para realizar um planejamento dos serviços ofertados priorizando-as para o cumprimento dessas demandas. Com o Agente de Indicadores foi possível ilustrar a utilidade da abordagem em relação às estimativas e alcance dos indicadores estabelecidos pelo Programa a partir do planejamento de demandas. O trabalho possui limitações em relação ao monitoramento dos indicadores estabelecidos pelo PMAQ que não foram contemplados na presente abordagem, pois seriam necessários dados específicos encontrados apenas em prontuários. Outra limitação iden-

tificada é a de construir instâncias a partir de dados reais e abertos, pois o Ministério da Saúde disponibiliza os dados associados ao município e não às UBS.

Como trabalhos posteriores, almeja-se realizar simulações de atendimentos com base nas agendas planejadas. A ideia é aplicar as agendas otimizadas de forma que sejam coletadas informações sobre o comportamento evolucionário dos indicadores ao longo das mudanças ocorridas no ambiente. Para tanto, é necessário criar um modelo evolucionário desse ambiente e incluir as diversas situações encontradas no dia a dia de unidades básicas de saúde, tais como: falta de médicos, demanda elevada de pacientes, influência política nas triagens para atendimentos etc. Diante disso é possível mostrar o que acontece com os indicadores em cada situação gerada e, dessa forma, a proposta pode tornar-se um importante instrumento de estudo para viabilização do PMAQ em diferentes cenários especificados. Além disso, visa-se também especificar os agentes não detalhados neste trabalho. Por fim, agradecemos os suportes financeiros fornecidos pela Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) por meio do edital PPSUS-11/2013 e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por meio de bolsa de estudo.

### **Referências**

- Barbosa, D. C. M. and Forster, A. C. (2010). Sistemas de informação em saúde: a perspectiva ea avaliação dos profissionais envolvidos na atenção primária à saúde de ribeirão preto, são paulo. *Cad. saude colet*, pages 424–33.
- Bordini, R. H. and Hübner, J. F. (2005). A java-based agentspeak interpreter used with saci for multi-agent distribution over the net. <http://jason.sourceforge.net>.
- Brasil, M. d. S. (2002). Portaria n. 1101, de 12 de junho de 2002: Estabelece parâmetros assistenciais do sus. *Diário Oficial da União, Brasília*, 139(112).
- BRASIL, M. d. S. (2012). *Programa nacional de melhoria do acesso e da qualidade da atenção básica (PMAQ): manual instrutivo*. Ministério da Saúde: (Série A. Normas e Manuais Técnicos).
- Braun, L., Wiesman, F., Herik, v. d. J., and Hasman, A. (2005). Agent support in medical information retrieval. In *Working notes of the IJCAI-05. Workshop on agents applied in health care*, pages 16–25.
- Ladeira, F. (2011). *Acesso e Qualidade! Atenção básica ajusta foco em sua missão*. Revista Brasileira de Saúde da Família, Brasília, n.29, p. 31-37.
- Ricci, A., Piunti, M., Viroli, M., and Omicini, A. (2009). Environment programming in cartago. In *Multi-Agent Programming:*, pages 259–288. Springer.
- Russell, S. and Norvig, P. (2003). *Inteligência artificial: uma abordagem moderna*. ed. Campus, 2<sup>a</sup> Edição. São Paulo, Brazil.
- Silva, R. C., Forster, A. C., Alves, D., Ferreira, J. B., and Sant’Anna, S. C. (2012). Ferramenta computacional para programa de melhoria da atenção básica (pmaq-ab). In *Atas do XIII Congresso Brasileiro de Informática em Saúde*.
- Vermeulen, I. B., Bohte, S. M., Elkhuisen, S. G., Lameris, H., Bakker, P. J., and Poutré, H. L. (2009). Adaptive resource allocation for efficient patient scheduling. *Artificial intelligence in medicine*, 46(1):67–80.
- Wooldridge, M. (2008). *An introduction to multiagent systems*. Wiley. com.