

Software para Interpretação de Medições Baseado em Tecnologia Adaptativa

S. Nicoli, J. A. Jardini and R. G. Lins

Abstract – The interpretation of measurements have been evolving nowadays. In this paper, a software based on the concepts of adaptivity has been proposed and developed with the goal to perform signal interpretation. The software receives signals acquired in the field through the sensors. From the processing carried out by the software, the system must be able to detect anomalies in the measured point and emits alarms or even actions. The experimental results validate the application of the adaptive method for monitoring and interpretation of signals.

Keywords— Adaptive decision table, Adaptive device, Monitoring, Alarms, Measurement Interpretation.

I. INTRODUÇÃO

Um sistema de monitoramento da condição de uma estrutura tem como principal objetivo reconhecer o surgimento de falhas incipientes, devendo ser capaz de fornecer informações úteis para funções de operação e manutenção da estrutura monitorada. O monitoramento da condição da operação envolve a medição de variáveis do processo e de operação das estruturas, condicionamento e processamento dos sinais e aplicação de técnicas especializadas para detectar e classificar padrões. A arte do monitoramento de condição consiste em extrair o máximo de informações de um conjunto mínimo de medições a fim de se obter um bom diagnóstico do estado da estrutura. A complexidade do sistema de monitoramento depende do nível de informação desejada. Sistemas mais simples podem indicar apenas se a estrutura está em condição de operação adequada ou não. Sistemas mais complexos são capazes de mostrar a evolução da condição da estrutura, de um estado adequado de operação continuada até um estado crítico. Alguns, mais avançados, detectam e identificam falhas que levaram a estrutura a uma determinada condição.

No caso da segurança estrutural de barragens, cada estrutura é considerada uma estrutura única. Para seu monitoramento, instrumentos específicos são instalados em locais adequados a fim de medir características específicas, sendo as principais grandezas a serem monitoradas são [1]:

- Deslocamentos;
- Deformações e tensões;
- Temperatura;
- Níveis Piezométricos em fundações;
- Pressões de água; e
- Vazões.

Os principais fatores que influenciam as grandezas

monitoradas [2]:

- Carga direta: forças exercidas pelos contatos com a barragem de terra e pelos níveis d'água a montante e jusante;
- Subpressões na fundação: devido à percolação ou infiltração de água pela rocha de fundação, durante e após o enchimento do reservatório;
- Pressão intersticial do concreto: pressão exercida pela água que infiltra pelos interstícios do concreto, juntas de construção e falhas de construção durante a concretagem;
- Calor de hidratação do cimento: calor gerado pela hidratação do cimento, ficando armazenado no interior de um bloco, provocando tensão de compressão no concreto. E o posterior resfriamento da estrutura, provocando tensões de tração;
- Sismos: naturais causados pelo deslocamento de placas tectônicas e atividades vulcânicas. Induzidos causados pela criação de um reservatório, que altera as condições estáticas das formações geológicas, do ponto de vista mecânico (peso da massa d'água) e do ponto de vista hidráulico (a infiltração de fluidos pode causar pressões internas nas camadas rochosas profundas). É um fenômeno dinâmico, resultante das novas forças induzidas, e que passam a interferir sobre o regime das forças pré-existentes;

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo o estudo e aplicação de um *software* baseado em tecnologia adaptativa para Interpretação de medições, sendo que para o presente trabalho, o monitoramento de sinais oriundos de uma barragem será utilizado como estudo de caso. Este estudo se propõe a desenvolver um *software*, inspirado nas tabelas de decisão convencionais e nos dispositivos dirigidos por regras adaptativas para a detecção de anomalias em uma série de sinais elétricos. Embora o estudo de caso seja baseado na aplicação de um *software* adaptativo para interpretação de sinais para monitoramento de barragens, o algoritmo proposto pode ser utilizado para interpretação de sinais de outros sistemas, tais como máquinas, plantas industriais, dentre outras que utilizam instrumentação para o monitoramento de segurança, manutenção e outras tarefas que demandem a interpretação de sinais instalados em campo.

O presente trabalho começa pela descrição dos trabalhos relacionados na Seção II. A Seção III discute sistema e o algoritmo proposto. O experimento e os resultados são mostrados na seção IV. Finalmente, a Seção V apresenta a conclusão.

S. Nicoli, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo/SP, Brasil, sidnei.nicoli@gmail.com

J. A. Jardini, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo/SP, Brasil,

jose.jardini@gmail.com

R. G. Lins, Universidade Federal do ABC (UFABC), Santo André/SP, Brasil, romulo.lins@ufabc.edu.br

II. TRABALHOS RELACIONADOS

Como apresentado em [3], em termos gerais adaptabilidade define que uma entidade pode ser adaptada por um agente externo que tem o poder de decisão sobre as mudanças a serem feitas, as quais são aplicadas pela entidade a ser adaptada, ou, num caso particular, ela mesma pode governar o processo de decisão e aplicação das mudanças em sua própria estrutura. Com relação à adaptatividade, de maneira geral pode ser definida como a capacidade que possui alguma coisa para efetuar uma mudança a fim de se adequar a uma nova situação. Considerando o *software* proposto neste trabalho, de maneira geral esses são os termos mais adequados aplicados ao desenvolvimento do presente trabalho.

Aplicar o conceito de adaptatividade para resolução eficiente de certos problemas é a referência da Tecnologia Adaptativa, pois ela possibilita a adaptação, de forma autônoma, de um sistema ou dispositivo adaptativo ao detectar situações que exijam mudanças nas reações em resposta aos estímulos de entrada [5], com o uso de ações adaptativas, que permitem modificar o conjunto de regras, removendo regras existentes e incluindo novas regras dinamicamente, sem a interferência de qualquer agente externo [4].

É interessante ressaltar que duas instâncias idênticas de um mesmo sistema adaptativo, por exemplo, podem atingir estados finais diferentes de acordo com a diversidade dos estímulos a que forem submetidas em suas operações [4].

Essas ações adaptativas não acrescentam poder adicional à computação, mas melhoram o poder de expressão de atividades computacionais intrincadas.

Algumas áreas de aplicações da Tecnologia Adaptativa são [6]:

- Robótica – utilizados autômatos adaptativos em automação, planejamento de rotas para trânsito urbano, etc;
- Segurança – utilizados autômatos adaptativos em criptografia e mecanismos de controle de acesso;
- Arte – exploração da composição musical automática, busca de padrões musicais, etc;
- Otimização – otimização de parâmetros, em função da particularidade de cada caso, otimização de rotas em tempo real, etc;
- Tomada de decisão – é um alvo interessante para o emprego da adaptatividade, pois possui um grande leque de alternativas.

Desta forma, o desenvolvimento de aplicações de *software* baseado em tecnologia adaptativa está ganhando grande destaque nas referidas áreas. No campo de automação robótica, o uso da adaptatividade permite que robôs consigam navegar em um ambiente de forma autônoma através de autômatos concisos e de baixa complexidade computacional [7]. O estudo de processamento de linguagens naturais também possibilita a construção de robôs capazes de gerenciar diálogos homem-máquina, demonstrando um comportamento supostamente criativo [8].

Na área de mineração de dados, muitas pesquisas também estão sendo desenvolvidas e a adaptatividade é usada como forma de simplificar o problema de tratar um volume elevado de informações, como exemplo, na identificação de indivíduos através de suas características [9]. Também se torna possível identificar padrões através de operações de convolução, onde a

escolha do núcleo da operação é feita baseada em soluções anteriores [10]. Foi também idealizado um sistema capaz de recomendar novos locais para um indivíduo visitar, baseado no contexto em que encontra (e.g., locais diferentes podem ser recomendados, dependendo se o indivíduo está trabalhando, ou então, de férias) [11]. Também é possível extrair um comportamento preditivo, baseado em informações passadas, conforme mostra o sistema adaptativo de previsão de tempo descrito em [12].

Todos os trabalhos apresentados nesta seção indicam que os conceitos de adaptatividade podem ser aplicados para o desenvolvimento do *software* proposto.

III. ALGORITMO PROPOSTO

Alarmes constituem um elemento fundamental nos sistemas de monitoramento e tradicionalmente eles têm como finalidade a apresentação de anormalidades através da representação gráfica e/ou lista de alarmes para um operador humano. Assim, para atender o objetivo proposto neste trabalho, a Fig. 1 mostra o fluxo de dados do algoritmo proposto.

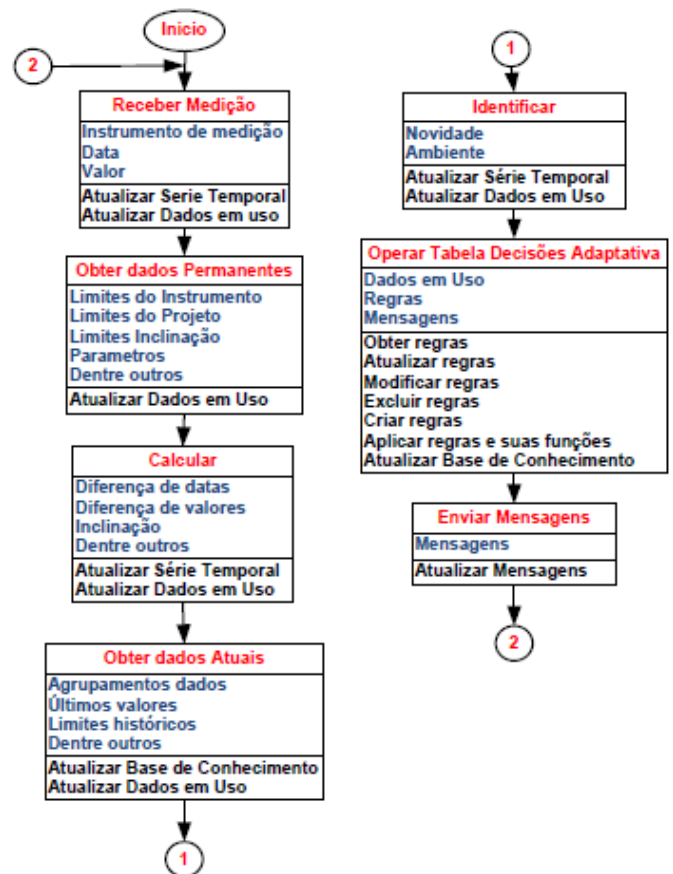


Figura 1. Fluxo de dados do Algoritmo proposto.

A Fig. 1 mostra os principais elementos e operações realizadas pelo sistema proposto. Em cada operação indicada é mostrada a principal atividade do bloco, os dados e as funções envolvidas em cada um deles.

Os sinais são aquisitados pelos sensores em campo e os valores de medição são registrados junto com a data de aquisição. Após a recepção da medição e sua inclusão na base de conhecimentos, os dados permanentes relacionados a um

instrumento de medição são obtidos a partir da base de conhecimento. Em seguida, os cálculos são realizados com o valor atual e dados históricos de forma a obter novos dados que são atualizados na base de conhecimento. Finalmente são identificados o ambiente e novidade se necessário. Finalizando o processamento das regras existentes na tabela de decisão adaptativa.

Para o processamento dos dados, a metodologia proposta estabelece a existência de períodos de tamanho variado correspondendo a ambientes característicos (meio ambiente, contexto, etc.). Também foi considerada a existência de novidades, que correspondem a valores que aparecem pela primeira vez em um ambiente.

O método considera que um ambiente está em evolução quando aparecem constantemente novidades durante o tempo, passando para um ambiente estável quando não aparecerem mais novidades a partir de um momento até o instante em que uma novidade é detectada, passando assim o ambiente a ser considerado novo. Assim um ambiente possui os seguintes estados: em evolução, estável e novo.

A análise de cada valor dentro do método inclui os estados do ambiente e as novidades, além de considerar as diversas composições possíveis de um dado atual com os dados históricos, dentre as quais estão:

- Diferença entre as datas de medição atual e anterior;
- Diferença entre o dado atual com o anterior;
- Ângulo obtido entre o dado atual e o anterior;
- Agrupamentos do dado atual com dados anteriores, podendo envolver grupos composto por um elemento até cinco elementos (ou mais);
- O menor valor da série temporal (de toda ela, ou somente do ambiente);
- O maior valor da série temporal (de toda ela, ou somente do ambiente);
- Os limites informados pelo fabricante do instrumento de medição e/ou sensor, desde que informados;
- Os limites informados pelo projeto, desde que informados;
- A média dos dados de toda a série e/ou do ambiente atual.

Cabe destacar que as considerações para a utilização de novidade, ambiente, agrupamento, dentre outras, foram utilizadas após a realização de provas de conceitos.

Além do apresentado até agora no desenvolvimento do método de detecção de anomalias também foram considerados os seguintes requisitos para o sistema computacional:

- Operar em ambiente *on-line*;
- Não ser supervisionado (portanto sem treinamento);
- Ser parametrizável (incluindo precisão, tolerância, quantidade de valores sem aparecimento de novidade, dentre outros);
- Capaz de se adaptar as condições externas desconhecidas;
- Não utilização de curvas com previsões estatísticas;
- Analisar a valor imediatamente após o seu recebimento e incorporação na série temporal;
- Não permitir a inclusão de dados externos durante a sua operação;

- Enviar diversos tipos de mensagens inclusive de alertas;
- Dentre outros.

Finalmente, a busca de um valor candidato a anomalia ocorre após a recepção *on-line* da leitura, sua transformação e processamento. O algoritmo 1 mostra a sequência de tarefas a serem realizadas.

Algoritmo 1. Algoritmo de Monitoramento implementado.

Algoritmo 1

Entrada: valor de medição obtida a partir de um sensor;
Saída: Mensagem aos interessados, em geral indicando medição candidata à anomalia.

1. Utilizar a última medição realizada (uma por vez);
2. Registrar na série temporal instrumento de medição, o valor da medição e a data;
3. Obter da base de conhecimento os Parâmetros relacionados ao instrumento de medição;
4. Obter limites do instrumento de medição (inferior e superior, se existirem);
5. Obter limites de projeto (inferior e superior, se existirem);
6. Obter limites operacionais adotados de inclinação (inferior e superior, se existirem);
7. Obter a diferença das datas entre a medição atual e a anterior;
8. Obter a diferença entre os valores atual e anterior;
9. Obter a inclinação entre valor atual com o valor anterior;
10. Registrar na série temporal (atual com referência ao anterior): diferença entre datas, diferença entre valores, e inclinação entre os valores;
11. Obter o tipo de ambiente anterior;
12. Atualizar agrupamento de dados com o valor atual (para 1, 2 3, 4 e 5, atualizar quantidade somando um, quando existir o grupo e criar quando não inexistente), atualizar grau de confiança e suporte dos agrupamentos (relacionados a regras de associação) e identificar novidade (que corresponde a um agrupamento que aparece pela primeira vez);
13. Atualizar os últimos valores, modificando quando necessário os limites operacionais (inferior e superior);
14. Operar a Tabela de Decisões Adaptativa;
15. Enviar mensagens e alertas aos interessados, caso necessário;
16. Retornar para etapa 1.

Cabe ressaltar as considerações baseadas em [13] com relação à utilização da Tabela de Decisões Adaptativa (T.D.A) considerada um dispositivo adaptativo, que no caso deste *software* tem como base uma Tabela de Decisões, (T.D) considerada um dispositivo subjacente.

As operações do sistema seguem um módulo baseado na T.D.A. No esquema mostrado na Fig.2, a T.D é representada basicamente pelas regras compostas por condições e ações, complementada pela camada adaptativa que possibilita as ações adaptativas de consulta, exclusão e criação de novas regras. São vários os elementos adaptativos como funções adaptativas, parâmetros, variáveis, geradores, e chamadas de funções que

podem ser executadas antes e chamadas que podem ser executadas depois de uma regra. A maioria desses elementos é opcional, de tal forma que se nenhum for utilizado é executada uma T.D caso contrário é executada uma T.D.A.

		Cabeçalho das colunas da declaração das funções adaptativas que podem conter colunas H, +, -, ?	Cabeçalhos das colunas com Regras que podem conter S, R, E (o número de colunas é variável)
Conjunto de linhas de condições	Nomes / descrições das Condições		Células com os conteúdos das condições
Conjunto de linhas de ações	Nomes / descrições das ações	Declaração das funções adaptativas (protótipo)	Células indicando a aplicação da ação
Conjunto de linhas das funções adaptativas	Nome das funções adaptativas	As colunas com "?" indica consulta a com "-" exclusão e a com "+" inclusão de regras	Células indicando a execução da função adaptativa
Conjunto de linhas com os parâmetros das funções adaptativas	Nome dos Parâmetros das funções	Na coluna com H em suas células são indicadas se uma função é executada antes (B) ou depois (A)	Células indicando conteúdos dos parâmetros
Conjunto de linhas com as variáveis das funções adaptativas	Nome das variáveis das variáveis	e com (P) os parâmetros, e com (V) as variáveis e com (G) os geradores.	Células indicando conteúdo das variáveis
Conjunto de linhas com os geradores das funções adaptativas	Nome dos geradores		Células indicando conteúdo dos geradores

Figura 2. Esquema Básico de uma T.D.A (Adaptado de [14]).

O item 14 do algoritmo 1 será melhor explicado e detalhado conforme o algoritmo 2, sendo que corresponde a um conjunto de operações.

Algoritmo 2. Algoritmo para processamento da uma T.D.A

Procedimentos envolvendo T.D.A	
Entrada: Regras (do tipo Se condições então Ações), e conteúdos necessários para utilização das regras;	
Saída: Mensagens	
Pode ser executada mais de uma regra aumentando o tamanho da Mensagem.	
Busca das Regras Pertinentes	
Executar enquanto existir regras Pertinentes	
Verificar se a regra possui as variáveis disponíveis para a operação	
Se sim	
Executar o lado das condições	
Se verdadeiro	
Executar as ações e as funções relacionadas às ações da regra (que podem ser do tipo adaptativo ou não)	
Compor a Mensagem	
Se Falso	
Não executar ações	
Continuar a executar enquanto existir regras Pertinentes	
Atualizar a base de conhecimento	
Ir para próxima operação (no caso é enviar mensagem).	

Nota-se no Algoritmo 2, que ao executar as ações da regra apesar de não ser indicado é verificado se a regra possui relacionada a ela a uma função a ser executada antes, além disso após a execução da regra também é importante verificar se existe a execução de uma função após a regra. Também pode ocorrer a exclusão de uma regra e a criação de uma regra seguindo um protótipo determinado.

Outras questões sobre o *software* desenvolvido é que ele permite a interpretação de mais de uma regra apesar da perda de desempenho no processamento, sendo que isso pode ser desabilitado, além disso na implantação do sistema é necessário informar as regras iniciais.

IV. EXPERIMENTO E RESULTADOS

Conforme citado, para o experimento serão utilizadas medições oriundas de instrumento de medição civil do tipo piezômetro.

A partir das leituras obtidas no ponto de medição (de agosto a outubro de 2014) pelo piezômetro instalado com energia fornecida por painel solar fotovoltaico. Uma série temporal contendo 2289 amostras foi armazenada e traçada. O período de aquisição de sinal é 15 minutos de 29/08/2014 16h07min à 01/10/2014 10h04min. A Fig.3 mostra a série temporal que representa a pressão medida pelo piezômetro instalado, onde o eixo Y representa os valores medidos (kgf/cm²) e o eixo x representa o tempo. Note que na parte inferior do traçado do gráfico existem patamares que iniciam com leitura de fundo relacionada à diminuição de energia para o instrumento.

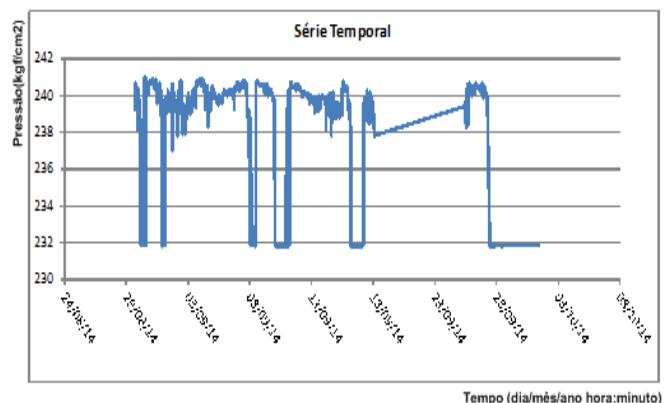


Figura 3. Série de sinais aquisitados pelo piezômetro instalado em campo.

Considerando a Fig.3, nota-se que existe uma sequência das medições da série (armazenada nos registros), a data/hora e o valor inteiro (utilizado assim para facilitar o processamento), o valor real (em kgf./cm²) corresponde ao valor inteiro dividido por 1000000, assim um valor inteiro da medição é 231852345 corresponde a um valor real de 231,852345 que por sua vez corresponde a uma leitura com um valor negativo (sendo considerado um valor de fundo) antes de ser transformada em uma medição. Com a finalidade de facilitar o entendimento do processamento dois pontos serão utilizados para processamento: 945 e 946, sendo que as informações a serem processadas no software são mostradas na tabela 1.

TABELA I
DADOS LIDOS PELO PIEZÔMETRO PARA PROCESSAMENTO

Sequência	944	945	946
Dia	08/09/2014 12:13:00	08/09/2014 12:28:00	08/09/2014 12:43:00
Valor	240085295	240485988	231852345
Períodos Após Anterior	1	1	1
Diferença atual anterior	-344416	400693	-8633643
Inclinação com anterior	-1,57	1,57	-1,57
Inclinação com ante grau	-89,99	89,99	-89,99
Indicação	N5	N5	N5
Ambiente	3	3	3
Estado Ambiente	EVOLUÇÃO	EVOLUÇÃO	EVOLUÇÃO
INDICAÇÃO GRUPO 1		N1	

A partir do processamento dos dados com o *software* proposto, baseado nos conceitos de adaptividade, os resultados são apresentados na tabela 2.

TABELA II
RESULTADO DO PROCESSAMENTO

Sequência 944	Sequência 945	Sequência 946
Dados reunidos para a inferência	Dados reunidos para a inferência	Dados reunidos para a inferência
Valor = 240085295	Valor = 240485988	Valor = 231852345
Período entre os registros = 1	Período entre os registros = 1	Período entre os registros = 1
Ambiente = 3	Ambiente = 3	Ambiente = 3
Novidade = não	Novidade = sim (surgimento de um novo grupo)	Novidade = não
Tipo de ambiente = EVOLUÇÃO	Tipo de ambiente = EVOLUÇÃO	Tipo de ambiente = EVOLUÇÃO
Limite operacional anterior Menor = 231838088 e Maior = 241057012 (da sequência 943)	Limite operacional anterior Menor = 231838088 e Maior = 241057012 (da sequência 944)	Limite operacional anterior Menor = 231838088 e Maior = 241057012 (da sequência 945)

Limite Operacional Angular adotado = 85,94° ou 1,5 rad.	Limite Operacional Angular adotado = 85,94° ou 1,5 rad.	Limite Operacional Angular adotado = 85,94° ou 1,5 rad.
Inclinação = -1,57 rd	Inclinação = 1,57rd	-1,57rd
Inclinação graus = -89,99°	Inclinação graus = 89,99°	Inclinação graus = -89,99°
Suporte = não foi necessário, só se incluir previsão imediata.	Suporte = não foi necessário, só se incluir previsão imediata.	Suporte = não foi necessário, só se incluir previsão imediata.
A Inferência Resultante	A Inferência Resultante	A Inferência Resultante
Aplicação da regra R3 limite angular maior	Aplicação da regra R3 limite angular maior. Aplicação da regra R10 com novidade e limite angular maior.	Aplicação da regra R3 limite angular maior

Como resultado do processamento, a mensagem a ser emitida na medição 945 da série temporal é composta pelas seguintes informações:

- Candidato a anomalia;
- Identificação do Instrumento de Medição Piezômetro PZ1762;
- Sequência na série temporal original: 945;
- Data/hora da ocorrência: 08/09/2014 12:28:00;
- Valor medição: 240485988;
- Inclinação crescente crítica;
- Valor novo no ambiente / série temporal;
- Texto: Inclinação gráfica abrupta com novidade.

Assim está constatada a identificação de regras e sua aplicação no envio de mensagens indicando que um ponto é candidato a anomalia.

V. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou os resultados do desenvolvimento de um *software* baseado em técnicas adaptativas para interpretação de medições. O sistema computacional foi desenvolvido baseado na necessidade de que medições podem ser interpretadas por um método não supervisionado trabalhando com um fluxo contínuo. Para isso, foi desenvolvido um sistema computacional com a finalidade de identificar anomalias importantes e enviar alarmes parametrizados aos interessados.

O *software* processa os dados e devolve como resultado análises e/ou inferências sob uma nova perspectiva que classifica o ambiente monitorado em: novo, evolução e estabilidade. A partir dos experimentos realizados com um instrumento real, o sistema desempenhou sua função de interpretação e emissão de alarmes, melhorando assim a qualidade da informação disponível para tomada de decisão.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a EDP Bandeirante e a CESP energia pelo suporte financeiro e pelo suporte técnico de seus profissionais, agradecemos a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) pela aprovação deste projeto de pesquisa e ao corpo técnico da EPUSP, pelo suporte durante o desenvolvimento do projeto. Também agradecemos de forma especial à Diogo. L. T. Alves e Alex. L. de Oliveira pelas colaborações técnicas.

REFERÊNCIAS

- [1] MACHADO, William Gladstone de Freitas. Monitoramento de barragens de contenção de rejeitos da mineração. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- [2] LYRA, J. S. et al. Consolidação de pastas cimentícias contendo policarboxilatos um estudo calorimétrico e reológico (Consolidation of polycarboxylates containing cement pastes: a calorimetric and rheological study). *Cerâmica*, v. 58, p. 137-143, 2012.
- [3] Rosalia Edith Caya Carhuanina, João José Neto. Personalização, "customização", adaptabilidade e adaptatividade. Em: *Memórias do X Workshop de Tecnologia Adaptativa - WTA 2016*. EPUSP, São Paulo. ISBN: 978-85-86686-86-3, pp. 52-59. 28 e 29 de Janeiro, 2016.
- [4] NETO, J. José. Um levantamento da evolução da adaptatividade e da tecnologia adaptativa. *Revista IEEE América Latina*, v. 5, n. 7, p. 1548-0992, 2007.
- [5] TCHEMRA, Angela Hum. Application of adaptive technology in decision-making systems. *IEEE Latin America Transactions*, v. 5, n. 7, p. 552-556, 2007.
- [6] PISTORI, Hemerson. Tecnologia adaptativa em engenharia de computação: Estado da arte e aplicações. Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2003.
- [7] HIRAKAWA, Andre Riyuiti; SARAIVA, Antonio Mauro; CUGNASCA, Carlos Eduardo. Adaptive Automata Applied on Automation and Robotics (A4R). *IEEE Latin America Transactions*, v. 5, n. 7, p. 539-543, 2007.
- [8] OKADA, Rodrigo Suzuki; JOSE, Joao. Cascade-Structured Classifier Based on Adaptive Devices. *IEEE Latin America Transactions*, v. 12, n. 7, p. 1307-1324, 2014.
- [9] CEREDA, P. R. M.; NETO, J. José. Mineração adaptativa de dados: Aplicação à identificação de indivíduos. In: *Memórias do Sexto Workshop de Tecnologia Adaptativa*, Sao Paulo. 2012.
- [10] OKADA, Rodrigo Suzuki. Tecnologia adaptativa aplicada a sistemas híbridos de apoio à decisão. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- [11] CRIVELARO, Celso Vital; BARTH, Fabrício J.; ROCHA, Ricardo Luis Azevedo. Proposta de Modelo Adaptativo para Geração de Contextos na Recomendação de Locais. *Revista de Sistemas e Computação-RSC*, v. 2, n. 2, 2012.
- [12] ROCHA, Felipe Barbalho et al. Sistema Automatizado utilizando Tecnologias de Baixo Custo para Controle e Monitoramento de Irrigações no Vale do Açu. In: *IX Congresso de Iniciação Científica do IFRN*. 2013.
- [13] NETO, João José. Adaptive rule-driven devices-general formulation and case study. In: *International Conference on Implementation and Application of Automata*. Springer Berlin Heidelberg, 2001. p. 234-250.
- [14] TCHEMRA, Angela Hum. Tabela de decisão adaptativa na tomada de decisão multicritério. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

Sidnei Nicoli é Doutorando em Engenharia Elétrica de Potência e Mestre em Engenharia Elétrica de Sistemas Digitais pela Escola Politécnica da USP (2004) e Graduado em Engenharia Mecânica pela Fundação Armando Álvares Penteado (1981). Além de atuar como consultor na área de sistemas e engenharia.

José Antonio Jardini é nascido em São Paulo/Brasil. Jardini recebeu seus títulos de mestre, doutor, professor associado e professor titular da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 1963, 1971, 1973 e 1991, respectivamente. Ele também trabalhou na Themag Eng. Ltda, empres líder em consultoria, onde realizou muitos estudos de sistemas de energia e participou de grandes projetos de sistemas de energia, como a usina hidroelétrica de Itaipu. Também representou o Brasil no International Council on Large Eletric Systems (CIGRÈ), além de ter recebido o prêmio de notável professor do IAS/IEEE.

Romulo Gonçalves Lins é Professor Adjunto do Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal do ABC desde 2015. Romulo recebeu o título de doutor em engenharia mecânica pela UNICAMP em 2013, além de ter estágio pós-doutorado no Royal Military College of Canada em 2015. Suas áreas de pesquisa são processamento de sinais e imagens, automação industrial e robótica.