



Grupo de Estudo de Sistemas de Informação e Telecomunicação para Sistemas Elétricos-GTL

Desenvolvimento do Sistema de análise das demandas de manutenção cadastradas no SAP e integradas ao SAM - RSAMP, para gestão de demandas de planejamento de manutenção e atendimento da ReN 669 - Requisitos Mínimos de Manutenção

**ALEXSANDRO TEIXEIRA GOMES(1); SILVIO ANTONIO NUNES(1); ANDERSON VINICIUS DE ALMEIDA
BRASIL(1);
CEMIG GT(1);**

RESUMO

Este trabalho apresenta as ações adotadas pela CEMIG GT para propiciar o desenvolvimento do Sistema de Análise das Demandas de Manutenção Cadastradas no SAP¹ e integradas ao SAM² - RSAMP, para gestão de demandas de planejamento de manutenção e atendimento à Resolução Normativa N° 669, doravante referenciada apenas por ReN 669. Elenca as principais dificuldades enfrentadas e as estratégias adotadas para superá-las, justifica a escolha da linguagem R³ e situa o RSAMP no contexto do projeto de integração ao mesmo tempo em que fornece um vislumbre do seu futuro.

PALAVRAS-CHAVE

ReN 669, SAP, SAM, integração, manutenção

1.0 - INTRODUÇÃO

A ReN 669, de 14 de Julho de 2015, foi desenvolvida pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, por meio da Superintendência de Fiscalização dos Serviços de Eletricidade – SFE. Ela regulamenta os Requisitos Mínimos de Manutenção e o monitoramento da manutenção de instalações de transmissão da Rede Básica. A sua operacionalização se deu por meio do SAM, que após atualizações, passou a oferecer o serviço de integração com os Sistemas Informatizados de Gestão da Manutenção dos Agentes.

O novo cenário estabelecido pela ReN 669, demandou dos agentes celeridade na condução de ações que possibilitassem a integração dos seus Sistemas Informatizados de Gestão da Manutenção com o SAM. No caso da CEMIG GT, foi necessário desenvolver soluções de *software* exclusivamente para esse fim. Com o intuito de auxiliar os agentes neste trabalho o ONS disponibilizou material técnico e promoveu reuniões pautadas no tema com objetivo de sanar todas as dúvidas. Contudo, estas ações não foram suficientes para suprir a ausência de uma Especificação Funcional do processo de integração com o SAM, que fosse inteligível por profissionais das áreas de negócio da CEMIG GT.

1 SAP (Enterprise Resource Planning – ERP).

2 SAM (Sistema de Acompanhamento da Manutenção do ONS).

3 R: The R Project for Statistical Computing, <<https://cran.r-project.org/>> acesso em: 30/04/2019

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

A CEMIG GT tem como Sistema Informatizado de Gestão da Manutenção o ERP da SAP, mais especificamente o seu módulo PM (*Plant Maintenance*). Para desenvolver as soluções de *software* necessárias para integrar este Sistema com o SAM, a área de Tecnologia da Informação (TI) da empresa precisava receber da área de negócio a Especificação Funcional dos serviços que seriam integrados. Essa incumbência é atribuição natural da área de Planejamento e Engenharia de Manutenção.

O desafio colocado para a área de negócio consistiu em:

- Identificar quais os dados seriam necessários para o completo atendimento da ReN 669 e de onde eles seriam obtidos;
- Reavaliar os processos que estavam vigentes indagando sobre o quão aderentes eles estavam à ReN 669;
- Encontrar maneiras de desvendar o funcionamento do serviço de integração do SAM;
- Coletar, compilar, analisar e condensar todas as informações e resultados que pudessem subsidiar a elaboração das Especificações Funcionais;
- Buscar por soluções de *software* capazes de promover o mínimo de ônus e burocracia para as equipes de execução da manutenção;
- Por fim, especificar, testar e homologar as soluções de *software*.

Das tarefas executadas, as mais difíceis foram àquelas relacionadas exclusivamente ao SAM. Desvendar o funcionamento do serviço de integração, especificar, testar e homologar as soluções de *software* exigiu dos profissionais da área de negócio envolvidos no projeto o desenvolvimento de habilidades relacionadas a linguagens de programação de computadores. As maiores dificuldades enfrentadas decorreram da falta de uma Especificação Funcional do serviço de integração do SAM e de um ambiente de testes com conteúdo e comportamento funcional que possibilitasse o teste de todos os métodos especificados pelo ONS.

Para superar as dificuldades encontradas, a área de Planejamento e Engenharia de Manutenção da CEMIG-GT traduziu cada um dos métodos especificados pelo ONS para a linguagem de programação R. Na ocasião, essa linguagem foi escolhida por ser gratuita, multiplataforma e possuir uma vasta biblioteca de funções e extensões. Além disso, ela já vinha sendo utilizada em outras demandas de engenharia, estatística e análise de dados na empresa o que facilitou o seu aprendizado.

A execução dos métodos escritos em linguagem R no ambiente de testes disponibilizado pelo NOS possibilitou identificar o formato e o tamanho dos dados, as dependências existentes entre eles, a obrigatoriedade ou não de alguns parâmetros, as situações que ocasionavam erros e o comportamento funcional do SAM quando submetido a diferentes combinações de dados de entrada. Isto foi fundamental para a elaboração assertiva das especificações funcionais no SAP.

Na medida em que o potencial da linguagem R foi sendo descoberto e explorado a sua importância dentro do projeto de integração do SAP com o SAM aumentou significativamente. As rotinas que, inicialmente, tinham sido criadas apenas para prover informações sobre o funcionamento do SAM foram aperfeiçoadas e integradas para formar a primeira versão do que hoje é o Sistema de análise das demandas de manutenção cadastradas no SAP e integradas ao SAM – RSAMP.

2.0 - EVOLUÇÃO DO RSAMP

No momento em que este Informe Técnico está sendo escrito o Sistema RSAMP encontra-se em sua versão 7.08. Apesar deste número ainda não ter ultrapassado uma dezena, pode-se considerar que o Sistema alcançou a sua maturidade. Além disso, o controle de versões só começou a ser aplicado após o segundo ano de vida do Sistema.

A primeira versão do RSAMP contava com apenas 20 (vinte) *scripts* que possibilitavam a execução dos principais métodos GET⁴ especificados pelo ONS. A entrada, saída e armazenamento de dados só era possível a partir de arquivos “csv”. A interface de usuário era simples, apresentava apenas um conjunto de botões e dois campos de texto. Para executar os *scripts* era necessário arrastar e soltar os arquivos que os continham sobre o RGui (R Console) o que assustava os usuários menos afeitos a utilização de *prompts* de comando.

4 Método utilizado para requisitar informações a um servidor Web.

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

Ao longo do período de desenvolvimento o Sistema cresceu em números e importância. A versão atual do RSAMP conta com 119 (cento e dezenove) *scripts* que juntos totalizam aproximadamente 23.000 (vinte e três mil) linhas de código que possibilitam a execução de todos os métodos especificados pelo ONS. O RSAMP conta ainda com serviços utilizados para análise de dados, criação de relatórios e integração do SAP com o SGD⁵. Os dados podem ser inseridos através de arquivos “csv”, “xlsx” ou diretamente através da interface do Sistema que alias, se tornou muito mais amigável. Uma vez inseridos, os dados são armazenados em um banco de dados SQLite⁶ localizado na rede corporativa.

A Figura 1 ilustra a evolução estética e funcional do RSAMP ao longo do tempo.

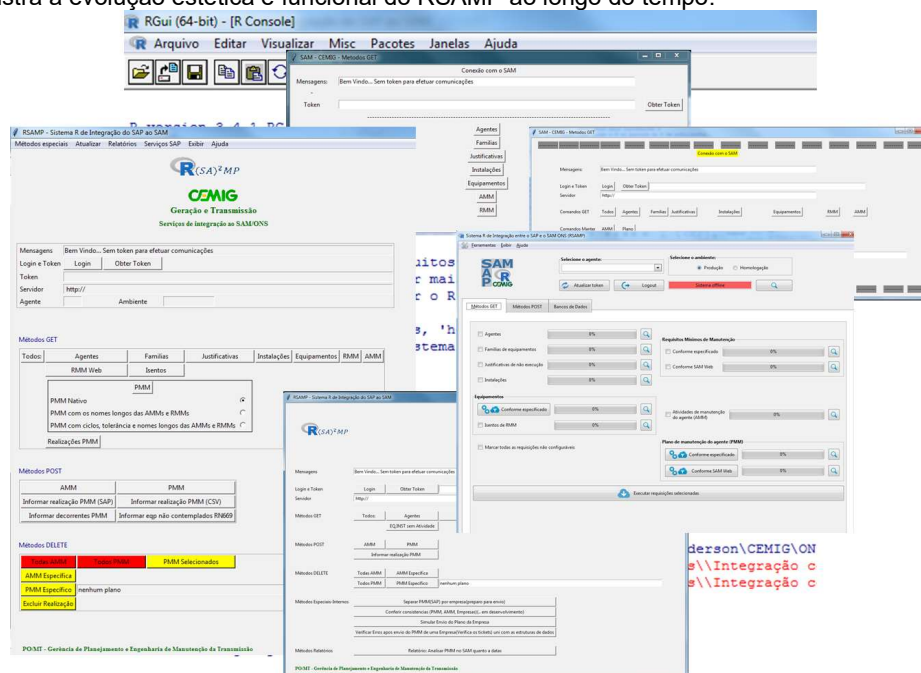


FIGURA 1 – Evolução do Sistema de análise das demandas de manutenção cadastradas no SAP e integradas ao SAM – RSAMP

A seguir é apresentada a função *F_Get*, uma das várias funções do RSAMP. Ela é executada por todos os métodos que requisitam informações do servidor Web do SAM. Para consultar as famílias de equipamentos, por exemplo, basta realizar a chamada da função da seguinte maneira: *F_Get("familias/consultar", "")*.

```
F_Get <- function (Servico, Query_Parameters)
{
  LockToken()
  my_url <- paste(Host, Servico, Query_Parameters, sep = "")
  F_Get <- content(GET(my_url, add_headers("Authorization" = paste("Bearer ", token, sep = ""), "Content-Type"
= "application/json; charset=UTF-8")))
}
```

3.0 - INTEGRAÇÃO COM O SAM, SAP E SGD

Inicialmente, o RSAMP foi desenvolvido para propiciar a elaboração das Especificações Funcionais dos serviços de integração do SAP com o SAM. Gradativamente ele deixou de ser apenas uma ferramenta de prospecção de informações sobre o funcionamento do SAM e passou a fazer parte da solução de integração. Posicionado entre

⁵ Sistema de Gerenciamento de Desligamento da CEMIG GT.

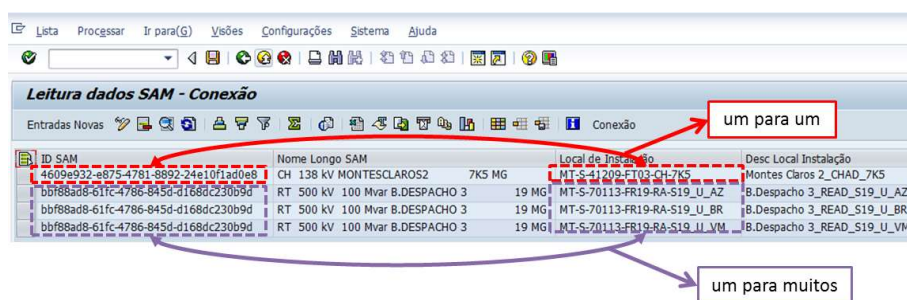
⁶ SQLite: < <https://pt.wikipedia.org/wiki/SQLite> > acesso em: 30/04/2019

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

os sistemas SAP, SGD⁷ e SAM, sendo os dois primeiros da CEMIG GT e o terceiro do ONS, o RSAMP atua oferecendo alguns serviços para integração entre eles.

O RSAMP recebe do SAP um conjunto de arquivos “xlsx” ou “csv” contendo dados estruturados. A inserção destes arquivos no Sistema é realizada pelo usuário através de serviços de importação específicos para cada estrutura de dados. A especificidade destes serviços resulta da aplicação de rotinas de conversão de formatos e extração de caracteres especiais. Desta forma, os dados são ajustados de acordo com o Sistema para o qual eles serão enviados.

Dos arquivos provenientes do SAP, o mais importante, aquele sem o qual nenhum serviço é executado, recebe o nome de Tabela de Conexão. Não é exagero dizer que essa tabela “Z”⁸ é o coração do Projeto de Integração entre o SAP e o SAM. Nela são estabelecidas as relações entre os Equipamentos e Instalações cadastrados no SAM e no SAP. O relacionamento entre os cadastros de Equipamentos nos dois Sistemas é do tipo um para muitos, ou seja, um registro de Equipamentos no SAM pode estar associado a um ou mais registros de Equipamentos no SAP. A Figura 2 a seguir apresenta um recorte desta tabela.



ID SAM	Nome Longo SAM	Local de Instalação	Desc Local Instalação
4609e932-e875-4781-8892-24e10f1ad0e8	CH 138 kV MONTESCLAROS2 7K5 MG	MT-S-41209-F103-CH-7K5	Montes Claros 2_CHAD_7K5
bbf88ad8-61fc-4786-845d-d168dc230b9d	RT 500 kV 100 Mvar B.DESPACHO 3 19 MG	MT-S-70113-FR19-RA-S19_U_AZ	B.Despacho 3_READ_S19_U_AZ
bbf88ad8-61fc-4786-845d-d168dc230b9d	RT 500 kV 100 Mvar B.DESPACHO 3 19 MG	MT-S-70113-FR19-RA-S19_U_BR	B.Despacho 3_READ_S19_U_BR
bbf88ad8-61fc-4786-845d-d168dc230b9d	RT 500 kV 100 Mvar B.DESPACHO 3 19 MG	MT-S-70113-FR19-RA-S19_U_VM	B.Despacho 3_READ_S19_U_VM

FIGURA 2 – Recorte da tela do SAP ilustrando a Tabela de Conexão e a relação entre o identificador SAM e os Locais de Instalação SAP

Três outras tabelas “Z” provenientes do SAP também merecem destaque. A primeira delas é a Tabela de Planos Sob Condição e Planos de Exceção. Os Planos Sob Condição são aqueles constituídos por atividades de manutenção dos Agentes (AMM) realizadas apenas quando uma condição, diferente do tempo, é satisfeita. Já os Planos de Exceção são aqueles constituídos por Requisitos Mínimos de Manutenção (RMM) que não se aplicam a determinados equipamentos devido às suas características. A Figura 3 ilustra como é feita a distribuição de atividades entre os Planos de Manutenção:

⁷O Sistema de Gerenciamento de Desligamento via Web é responsável por gerenciar todo o processo de liberação de um equipamento para intervenções.

⁸Tabela “Z” (tabela SAP não *standard*).

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

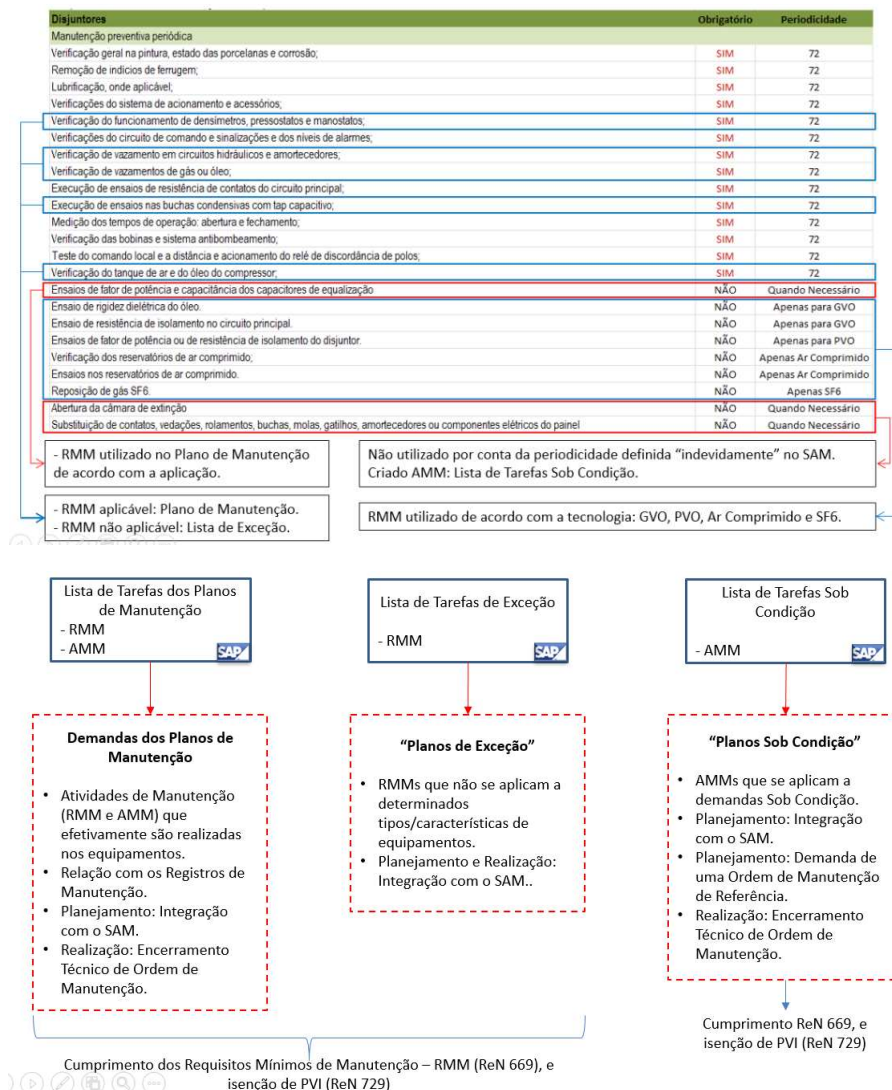


FIGURA 3 – Exemplo de como é feita a distribuição das atividades de manutenção entre os Planos de manutenção.

A segunda tabela que merece destaque é a que contém todos os dados necessários para o cadastro e atualização anual do Plano Mínimo de Manutenção (PMM) junto ao SAM. Essa tabela resulta do processamento de uma série de Objetos *standards* do SAP dentre eles Planos e Itens de Manutenção, Listas de Tarefas, Locais de Instalação e Equipamentos em conjunto com os dados provenientes do SAM. Os dados dos Equipamentos, Instalações, RMMs e AMMs obtidos do SAM são então relacionados aos objetos SAP graças a Tabela de Conexão. A Tabela de Planos Sob Condição e Planos de Exceção também é incluída neste processamento.

Por último, é importante destacar também a tabela de Atividades Realizadas. Nela ficam registrados os dados resultantes do processamento das Ordens de manutenção, entre eles estão aqueles requeridos pelo SAM para efetivar o apontamento de realizações.

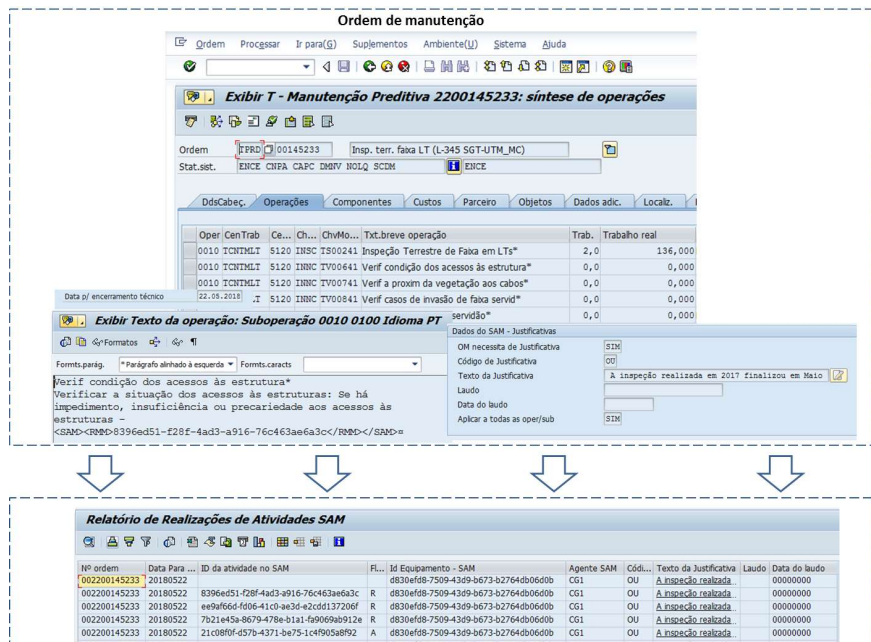
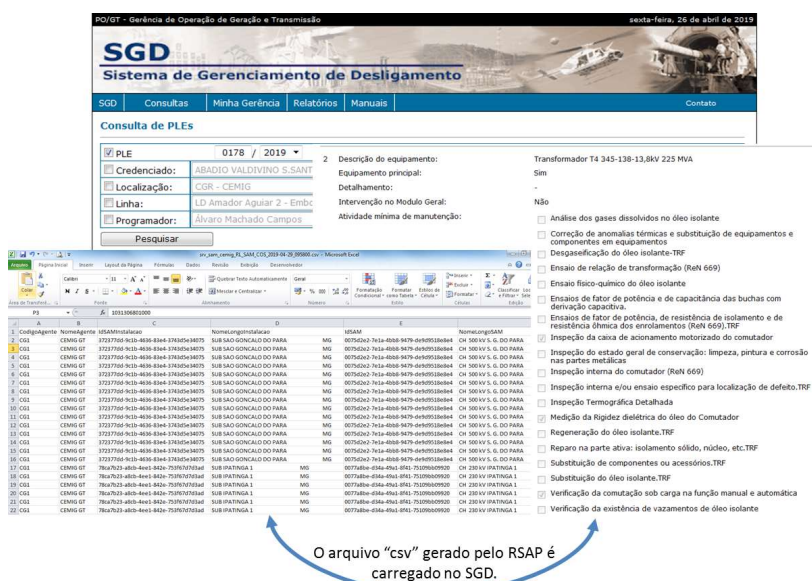


FIGURA 4 – Processamento de uma Ordem para envio de Realizações para o SAM

Fica a cargo do RSAMP, tendo o seu Banco de Dados povoado com as informações provenientes do SAP e do SAM, verificar a consistência e a integridade dos dados antes de encaminhá-los ao SAM através dos métodos POST⁹. O RSAMP também é responsável por enviar as atividades que constituem o PMM do SAM para o SGD. Este envio é realizado através de um arquivo "csv" que é carregado no SGD. A carga desse arquivo possibilita ao usuário do SGD, quando da abertura de um PLE¹⁰, selecionar as atividades de manutenção pertencentes ao PMM do equipamento que passará por manutenção.



9 Método utilizado para solicitar a um servidor Web que aceite os dados anexados no corpo da mensagem de requisição.

10 Documento CEMIG – Pedido de Liberação de Equipamento – PLE.

FIGURA 5 – Integração entre o SAP e o SGD estabelecida através do arquivo “csv” gerado pelo RSAMP.

Ao encerrar um PLE no qual foram selecionadas atividades mínimas de manutenção o apontamento de realizações é realizado junto ao SAM através do SGI conforme fluxo de informações apresentado na figura a seguir:

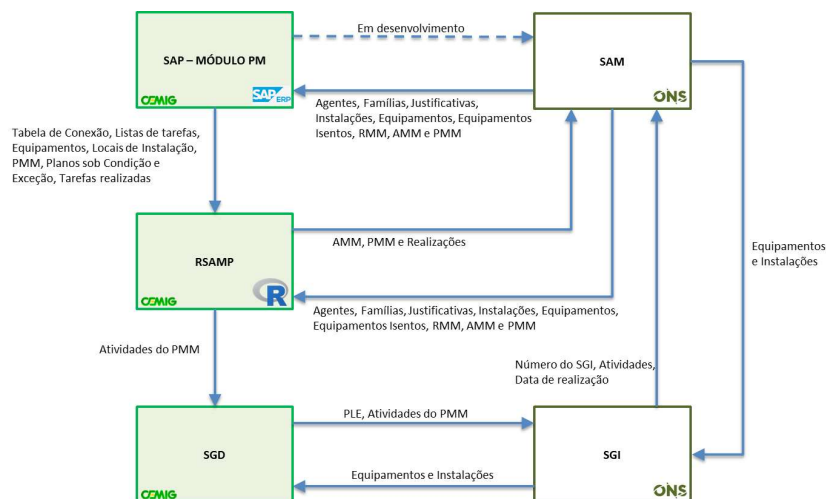


FIGURA 6 – Fluxo de informações entre os Sistemas SAP, RSAMP, SGD, SGI e SAM

4.0 - FUNCIONALIDADES E RECURSOS DE USABILIDADE DO RSAMP

Durante a execução do projeto de Integração do SAP com o SAM foi necessário desenvolver uma série de rotinas de *software* que agregaram funcionalidades ao RSAMP. Na tabela a seguir estão relacionadas às principais funcionalidades em uso no RSAMP:

Tabela 1 – Principais funcionalidades do RSAMP.

Agrupamento	Funcionalidades	Aplicação
Métodos GET especificados pelo ONS	Consultar famílias de equipamentos; Consultar justificativas de não execução; Consultar Instalações; Consultar Equipamentos; Consultar Equipamentos Isentos de RMM; Consultar Requisitos Mínimos de Manutenção; Consultar atividades de manutenção do Agente; Consultar processamento de Plano de Manutenção do Agente; Consultar programação do Plano de Manutenção do Agente.	Obter dados do SAM.
Métodos POST especificados pelo ONS	Manter atividades de manutenção do Agente; Excluir atividades de manutenção do Agente; Manter Plano de Manutenção do Agente; Excluir Plano de Manutenção do Agente; Informar Realização; Informar Decorrentes.	Enviar dados para o SAM.
Importar tabelas	Importar Listas de tarefas; Importar Locais de Instalação; Importar Planos de manutenção; Importar Itens de manutenção; Importar Planos Sob Condição e Exceção; Importar tabela de Conexão, Importar relatório SAM de Realização de Atividades	Inserir ou atualizar a Base de Dados do RSAMP
Relatórios	Situação das Atividades do PMM; Situação Atividades do PMM mais Planos de manutenção	Possibilitar a análise da

	SAP; Situação mais Ordens; Dados para SGD/COS	situação das atividades de manutenção cadastradas no SAM; Relacionar informações do SAM com informações do SAP; Identificar eventuais desvios no planejamento.
Serviços especiais	Separar PMM por empresa; Simular envio do PMM; Verificar erros após envio do PMM; Equipamentos e Instalações sem atividades; Analisar BDT ONS; Identifica PMM para exclusão.	Analisar e preparar os dados para serem enviados para o SAM/ONS.
Históricos		Possibilitar a construção de uma base histórica de dados.
Logs	Log de eventos para todos os serviços	Registrar eventos importantes do Sistema (Ex.: Atualização do Banco de Dados; Criação de AMM; Exclusão de AMM, Envio de Realizações)

O crescente número de funcionalidades é um dos aspectos mais representativos da evolução do RSAMP ao longo do tempo. O outro aspecto diz respeito a sua interface com o usuário que evoluiu no sentido de possibilitar o uso do Sistema por todos os usuários envolvidos no processo.

Utilizando a biblioteca *gWidgetsRGtk2* do R em conjunto com o *software* Glade¹¹ foi possível implementar menus em cascata, *checkbox*, *radiobuttons*, janelas, entradas de texto, barras de progresso e outros elementos de interface capazes de ampliar e facilitar a experiência do usuário ao utilizar o sistema.

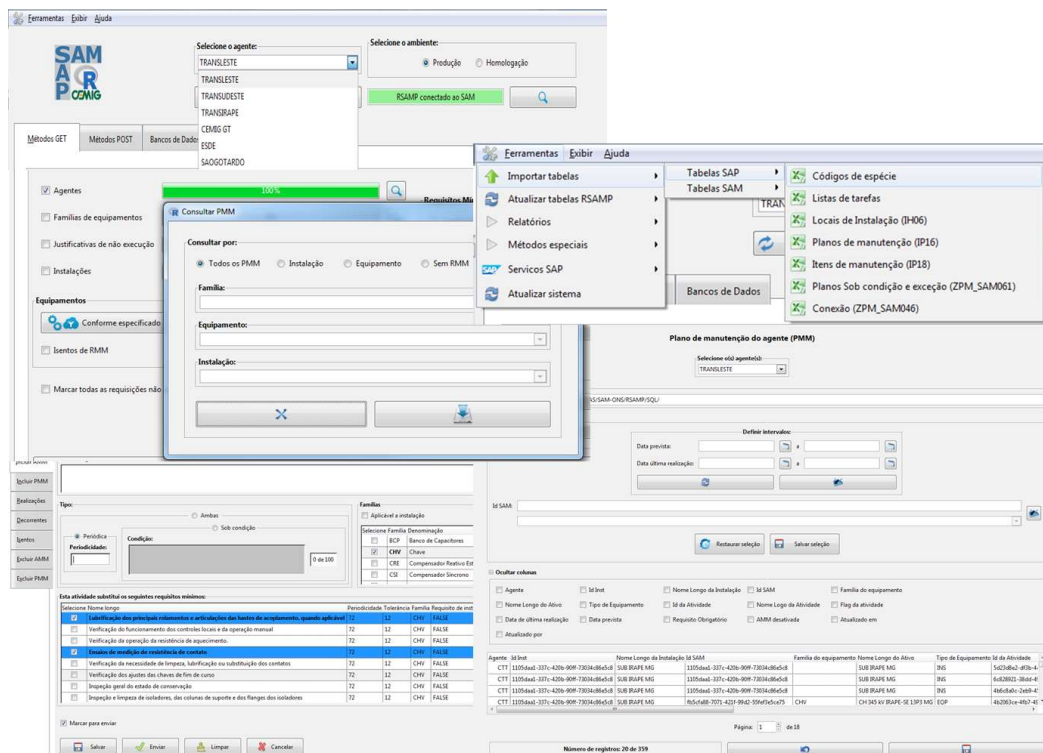


FIGURA 7 – Elementos da interface do RSAMP.

¹¹ O Glade é um construtor de interface gráfica.

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

5.0 - FUTURO DO RSAMP E DA LINGUAGEM R NA ÁREA DE PLANEJAMENTO E ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO

Atualmente os serviços POST especificados pelo ONS só podem ser executados através do RSAMP. Eles já foram especificados e estão sendo implantados no SAP. Inclusive, algumas rotinas auxiliares destes serviços já estão em fase de testes e homologação. Desta forma, depois que o SAP estiver completamente integrado ao SAM, o desenvolvimento do RSAMP será redirecionado para a análise estatística de dados, construção de gráficos, *machine learning* e estudo da confiabilidade dos ativos explorando assim os grandes potenciais da linguagem R.

É importante ressaltar que na medida em que a linguagem R foi sendo disseminada e aprendida pelos profissionais da área de Planejamento e Engenharia da Manutenção da CEMIG GT, outras soluções de *software* foram sendo desenvolvidas e poderão ser integradas ao RSAMP no futuro. Como exemplo destas soluções podem ser citados o Sistema de Monitoramento da Condição por Termografia - SMT, o Sistema de Avaliação de Desempenho da Transmissão – SADT¹² e o Sistema de integração entre o SAP e o SMO¹³ - RSMO.

O RSAMP também será muito útil nos projetos de integração do SAP com outros sistemas especialistas utilizados no contexto do processo de Planejamento e Execução da manutenção. Está em estudo também a integração direta do RSAMP como o SAP através do protocolo RFC¹⁴.

A agilidade e o baixo custo de desenvolvimento de soluções de *software* faz com que o RSAMP também seja utilizado como precursor das soluções de BI (*Business Intelligence*), ou seja, através do RSAMP as soluções serão desenhadas e testadas facilitando a elaboração de especificações completas necessárias a área de TI para desenvolvimento junto ao SAP/BW¹⁵. Já as demandas gerenciais que requerem respostas rápidas podem ser tratadas facilmente pelo RSAMP.

6.0 - CONCLUSÃO

O RSAMP foi gradativamente, a cada nova funcionalidade agregada, se consolidando como uma ferramenta fundamental do Processo de Planejamento e Execução da Manutenção. A agilidade aliada ao baixo custo de desenvolvimento, características estas da linguagem R, possibilitaram que soluções fossem implementadas e amplamente testadas antes de serem definitivamente incorporadas ao SAP. Inclusive, convém destacar que a utilização do RSAMP neste contexto possibilitou a operação estável das soluções de integração empregadas no SAP que teve assim a sua importância como Sistema de Gestão da Manutenção, através do seu módulo PM, ampliada e confirmada.

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015669.pdf>.

(2) Nota Técnica nº 0236/2013-SFE/ANEEL - Proposta de regulamentação do Plano Mínimo de Manutenção e do monitoramento da manutenção de instalações de transmissão.

(3) A nova metodologia de fiscalização dos serviços de distribuição e transmissão de energia elétrica.
<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/NovaSFE-Evento-03-03-2016.pdf>.

(4) Novo Sistema de Acompanhamento da Manutenção – SAM.
<http://pop.ons.org.br/pop/>

12 SADT realiza a análise dos indicadores calculados no RAD e os confronta com os dados das ocorrências registrados no ---- que compõem o RAD e

13 Sistema de Monitoramento de Óleo.

14 RFC é a interface padrão de comunicação entre sistemas SAP. Ela possibilita que informações sejam trocadas entre diferentes ambientes. Além disso, o protocolo RFC é utilizado para integrar sistemas SAP com sistemas não-SAP (Sistemas satélites).

15 SAP NetWeaver Business Intelligence <

https://pt.wikipedia.org/wiki/SAP_NetWeaver_Business_Intelligence>



XXV SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

3323
GTL/10

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

- (5) SOMMERVILLE, IAN. Engenharia de Software, Editora Pearson, 9º edição, 2011.
- (6) RUMBAUGH, JAMES. Uml – Guia do Usuário – Tradução da 2º edição, editora Campus, 2008.
- (7) R: The R Project for Statistical Computing, <<https://cran.r-project.org/>> acesso em: 20/03/2017
- (8) Glade – A User Interface Designer,
<https://glade.gnome.org/>
- (11) gWidgetsRGtk2: Toolkit Implementation of gWidgets for RGtk2
<https://cran.r-project.org/web/packages/gWidgetsRGtk2/index.html>
- (11) The 2018 Top Programming Languages
<https://spectrum.ieee.org/at-work/innovation/the-2018-top-programming-languages>

8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Anderson Vinícius De Almeida Brasil, natural de Belo Horizonte, Minas Gerais, nascido em 16 de Julho de 1982, Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG (2001-2009). Atualmente é funcionário da Proel Engenharia Ltda, empresa contratada pela Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG onde desempenha as funções de Engenheiro de Planejamento de Manutenção de Geração e Transmissão desde 2012. Membro da Equipe de Planejamento e Engenharia de Diagnóstico, cujas atividades principais são Diagnóstico de Manutenção e Estabelecimento de Planos de Manutenção. Desde o seu ingresso como prestador de serviços junto à CEMIG tem contribuído principalmente como Especialista do módulo PM do SAP.