

MÉTODO DE EXIBIÇÃO DINÂMICA DE TAREFAS PARA LABORATÓRIOS QUÍMICO-ANALÍTICOS

Cláudio Lorenzi e Cíntia Paese Giacomello

Resumo

Laboratórios possuem um papel importante junto à garantia de qualidade em verificar os constituintes dos produtos feitos por indústrias de alimentos. Por vezes, lotes dos produtos permanecem estocados em setores de distribuição e expedição pelo aguardo dos resultados a serem emitidos pelos laboratórios, visto que a avaliação química-analítica é exigência de órgãos fiscalizadores. Com o intuito de reduzir atrasos em análises químicas e em incluir o laboratório nos conceitos da Indústria 4.0 e *Analytics*, foi desenvolvido o presente trabalho que tem por objetivo desenvolver um método de auxílio à consulta e priorização de serviços presentes em um ambiente laboratorial. Considerando que a companhia e laboratório em questão dispõem de sistema com armazenamento de dados, foi criada, com o auxílio da programação em VBA, uma exibição dinâmica de serviços. A sistemática conta com a disponibilização de três telas aos colaboradores, as quais são atualizadas constantemente com informações visuais de ensaios analíticos listados e ordenados pelo seu prazo de entrega, ensaio prioritário considerando seu tempo de processamento e tempo restante até o prazo, e indicadores de desempenho do setor. A aplicação de baixo custo relatada no presente projeto, foi verificada em agosto de 2020 e foi possível concluir que com a ajuda da exibição dinâmica foi possível recuperar um quadro de atrasos para o atingimento de metas de entregas. O projeto possui potencial de reprodução em outros laboratórios, considerando a fácil replicabilidade em outras unidades da companhia.

Palavras-chave

Laboratórios, Indústria 4.0, Analytics, VBA, Informações visuais

Dynamic task display method for chemical-analytical laboratories

Abstract

Laboratories play an important role in quality assurance in verifying the constituents of products made by food industries. Sometimes, lots of the products remain stocked in distribution and shipping sectors waiting for the results to be issued by the laboratories, since the chemical-analytical evaluation is a requirement of regulatory agencies. In order to reduce delays in chemical analysis and for including the laboratory in the Industry 4.0 and Analytics concepts, this study was developed with the objective of developing a method to assist consultation and prioritization of services present in a laboratory environment. Considering that the company and laboratory in question have a system with data storage, a dynamic display of services was created with the support of VBA programming. The system includes the provision of three screens to the employees, which are constantly updated with visual information from analytical tests and ordered by their delivery time, the priority test considering its processing time and time remaining until the deadline, and performance indicators of the department. The low cost application reported in the present project, was verified in August 2020 and it was possible to achieve that with the help of the dynamic display it was possible to recover a situation of delays in reaching delivery targets. The project has potential for reproduction in other laboratories, considering the easy replicability in other units of the company.

Keywords

Laboratories, Industry 4.0, Analytics, VBA, Visual information

I. INTRODUÇÃO

Para garantir uma maior velocidade e o atendimento de prazos estipulados a trabalhos para a garantia de qualidade de

alimentos, as companhias junto aos seus laboratórios estipulam metas temporais nos processos analíticos, sendo estas controladas com a finalidade de evitar atrasos e

Pós-Graduação em Engenharia 4.0 - Universidade de Caxias do Sul (UCS)

Emails: clorenzi1@ucs.br; cpaesel@ucs.br

Data de envio: 10/09/2020

Data de aceite: 07/10/2020

<http://dx.doi.org/10.18226/23185279.v8iss2p87>

impedimentos nas liberações de lotes de cargas de alimentos. Essa garantia de qualidade é feita em processo conjunto à da produção do alimento, sendo enviadas ao laboratório de análises químicas e biológicas amostras representativas do lote do alimento a ser liberado.

Dependendo do produto a ser analisado, vários ensaios laboratoriais diferentes podem ser solicitados em uma amostra. A realidade de um ambiente de laboratório apresenta uma constante organização frente a centenas de amostras, cada uma delas possuindo a solicitação de vários e diferentes ensaios – técnicas químicas-analíticas, para as quais alguns técnicos pontualmente possuem treinamento para executá-las, além de um prazo estipulado para entrega dos resultados das análises.

Objetivos para entrega do trabalho no prazo têm um papel importante em muitas indústrias de produção, como manufatura de semicondutores, indústria de aeronaves, metalúrgicas etc. Estudos foram realizados apresentando uma programação (agendamento) para trabalhos futuros para o controle em tempo real dos objetivos de prazo, como atraso médio, atraso máximo e número de trabalhos atrasados em processos em lote. As decisões de programação são baseadas nas datas de chegada e datas de vencimento das tarefas recebidas em cada estação de trabalho, que são facilmente previsíveis em um ambiente de fabricação integrado por computador [1].

Uma forma de organizar prioridades em entregas com prazos é empregar métodos de sequenciamento, como por exemplo o Primeiro-a-Entrar-Primeiro-a-Sair (FIFO – do inglês, *First-In-First-Out*) e o Índice Crítico (IC). Esse último foi utilizado por exemplo por Lintilä e Takala em 2013 para examinar e reduzir os tempos operacionais nos processos de produção de alimentos [2].

Os laboratórios industriais que operam em grande escala geralmente possuem um sistema de cadastro da amostra (a qual é atribuído um código para a mesma), onde todos os dados pertinentes (unidade produtora responsável pelo produto, prazo de entrega dos resultados etc.) são inseridos em um banco de dados. A partir deste banco de dados, muitas informações úteis podem ser disponibilizadas aos técnicos analistas para sua organização e planejamento de trabalho.

No entanto, no quesito de ordenar o processamento de ensaios pelas amostras recebidas, nem todas as regras de prioridade podem ser aplicadas. Na maioria dos laboratórios, um processamento FIFO não é possível. A taxa de fluxo de ensaios analíticos de alguns tipos de amostra deve ser mais rápida, por exemplo, porque a amostra pode ser armazenada apenas por um curto período de tempo ou o resultado analítico é necessário com mais urgência [3].

Atualmente, os colaboradores em alguns laboratórios organizam suas atividades frente à demanda pela amostragem física do alimento etiquetado a ser analisado e pela organização de fichas de análises em papel. O tempo determinado para a conclusão do serviço baseia-se pelo objetivo protocolado pelo solicitante dos ensaios e pode ser encontrado no sistema do laboratório, o LIMS (do inglês, *Laboratory Information Management System*), porém de forma específica por amostra em meio de vários outros dados cadastrais. Isso torna a consulta por prazos uma atividade

morosa e pouco visual, não fornecendo aos colaboradores informações de prioridades.

Esse artigo tem como objetivo relatar a criação de listas de trabalho dinâmicas via sistema integrado ao banco de dados de um laboratório analítico, para a visualização em tempo real da demanda de trabalho priorizando o prazo de entrega. De forma específica, o objetivo é descrever o trabalho de uma programação que disponibiliza recursos visuais de demanda aos colaboradores do laboratório.

O trabalho dará ao colaborador do laboratório uma visão ampla da demanda programada e atual, além de fornecer indicadores e quadros de prioridade automáticos utilizando métodos de sequenciamento. O colaborador terá o benefício da informação integrada para organizar seu tempo de serviço, e monitorar o desempenho de suas atividades e da equipe. Consequentemente, haverá um aumento na produtividade assertiva frente às metas de prazo. Dessa forma, garantindo a entrega do laudo de qualidade no prazo estipulado, a cadeia produtiva (incluindo a garantia da qualidade) estará alinhada e os resultados do laboratório serão entregues em tempo hábil para liberação do lote do alimento, diminuindo o risco de travamento e atrasos na venda e/ou entrega dos produtos ao cliente pelo aguardo de ensaios laboratoriais de garantia de qualidade atrasados.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

A. Métodos de sequenciamento de produção

Métodos de sequenciamento de produção, também chamados de regras de expedição ou regras de prioridade, são políticas usadas para selecionar qual trabalho deve ser iniciado a seguir em um processo. Os métodos de sequenciamento mais conhecidos incluem FIFO, IC, data de vencimento mais antiga (EDD – do inglês, *Early Due Date*), menor tempo de processamento (SPT – do inglês, *Short Processing Time*) e tempo mínimo de folga, que são fatores da hora de chegada do serviço, tempo de processamento, data de vencimento ou alguma combinação desses fatores [4]. Com relação ao controle da entrega pontual, existem duas classes de regras: regras que consideram datas de vencimento dos produtos, por exemplo, o IC ou EDD, e regras que não consideram datas de vencimento, por exemplo, FIFO ou Menor Tempo de Processamento [5]. O IC é obtido dividindo o tempo de processamento restante pelo tempo de folga (que por sua vez, é o tempo restante da hora atual para a data de vencimento) – esse valor geralmente é usado para indicar o grau de urgência de um trabalho, portanto o IC dá a maior prioridade ao trabalho com a maior taxa crítica. O EDD fornece a mais alta prioridade ao trabalho levando em conta prazos de entrega mais próximos [6].

Gupta e Sivakumar (2006) aplicaram o EDD como parte do algoritmo de priorização, visto que o foco é otimizar objetivos de prazo de entrega [1]. Outras pesquisas relatam a combinação do EDD de demandas de trabalho com prazo (este período chamado de janelas de tempo) com as datas de vencimento mais recentes. Essa combinação fornece o dado do IC, regra também utilizada no estudo [7]. Embora raras as pesquisas feitas em programação de tarefas e aplicação de regras de prioridade para o ramo laboratorial, são numerosos e recentes os trabalhos que investigam a programação e

organização de tarefas no ambiente químico e farmacêutico [8].

Em indústrias farmacêuticas, o controle de qualidade (análises laboratoriais para a garantia da qualidade) do medicamento precisa ser feito em amostras de lotes de medicamentos que já estão lançados no mercado [8] da mesma forma que em indústrias de alimentos – um produto já em circulação e em produção, necessita ser avaliado em prazos definidos para um fluxo melhor de liberação de lotes produzidos. Para administrar o agendamento de atividades em um laboratório de uma indústria de medicamentos, foram propostas, além do método EDD, outras quatro regras heurísticas para a criação dinâmica de uma lista de todas as tarefas de ensaio não-feitas (disponíveis): Tarefas não Atribuídas (UT – do inglês, *Unassigned Tasks*); Técnicos Disponíveis (AT – do inglês, *Available Technicians*); Completude de Batelada (BC – do inglês, *Batch Completeness*) e Tarefa pela Chegada (AR – do inglês, *Task by their Arrival*). Esse mesmo estudo aponta que a prática abordagem de agendamento de tarefas FIFO pode substituir as melhores projetadas regras caso estas últimas não sejam aplicadas e/ou combinadas de forma apropriada à realidade do laboratório [8].

B. LIMS – Laboratory Information Management System

Um sistema designado às necessidades de um laboratório de análises, de forma a realizar a busca de dados de forma rápida, eficiente e transparente é chamado de LIMS [9]. Um sistema LIMS, o LABGEN, fazia simulações de gerenciamento de sistemas laboratoriais [3]. Um dos exemplos atuais do LIMS é uma nova versão do sistema de gerenciamento de informações sobre proteínas (PIMS), que possui uma interface da Web acessível ao usuário e que integra todos os aspectos do processo de sequenciamento, incluindo envio, manipulação e rastreamento de amostras, juntamente com a captura e gerenciamento dos dados [9]. Existem dois mecanismos de planejamento principais para acomodar essa diferença nos tempos de atraso: prazos e valores de prioridade [3]. Esses prazos mencionados podem ser organizados pela regra EDD e os valores de prioridade podem ser atribuídos através do IC.

Existem inúmeros LIMS no mercado, e os produtos representativos são o *LabWare LIMS™* e o *Lab-Ware ELN™* (Notebook de Laboratório Eletrônico) da *LabWare* (um dos líderes da indústria em software de automação de laboratório). No entanto, a aplicação de um sistema comercial de gerenciamento de informações de laboratório é limitada pela complexidade, flexibilidade insuficiente, altos custos e prazos estendidos. Portanto, um LIMS aplicado foi desenvolvido usando o software Microsoft Excel, por meio de macros e fórmulas, e o fluxo de informações foi otimizado o máximo possível. Este sistema foi aplicado com sucesso na geração de tarefas, controle de processos e gerenciamento de dados, com uma redução no tempo de trabalho e nas taxas de erro humano [10]. Como outro exemplo, existe o *Screensaver*, um LIMS desenvolvido para obter caráter de melhor visualização técnica em um laboratório de biologia molecular. O *Screensaver* suporta o armazenamento e a comparação de conjuntos de dados de triagem, bem como o gerenciamento de informações sobre telas, peneiras, bibliotecas e solicitações de trabalho de laboratório [11]. Outro modelo de LIMS, o *Parkour*, foi desenvolvido para laboratórios químicos acadêmicos. Esse sistema O *Parkour* permite rastrear e avaliar

amostras com base em critérios de qualidade predefinidos em diferentes estágios do fluxo de trabalho de preparação de amostras. A estrutura flexível desse sistema permite a personalização do fluxo de trabalho e a simples adição de novos recursos, além da expansão para outros domínios [12].

C. Lead-Time e Turnaround Time

Quando um pedido chega em um local de trabalho, a duração do tempo entre a chegada e a conclusão (ou seja, *Lead-Time*) do pedido precisa ser estimada. Para determinar uma boa estimativa do *Lead-Time* de pedidos em fluxos híbridos, não apenas a especificação do pedido e o status de estoque precisam ser levados em consideração, mas também o método de programação empregado no local de trabalho. Pesquisas foram desenvolvidas utilizando três regras de prioridade (métodos de sequenciamento): FIFO, EDD e SPT para estimativa do *Lead-Time* com a série de experimentos computacionais cujos resultados mostram que os métodos propostos superam os benchmarks existentes em termos de duas medidas de precisão [13]. Em pesquisas comparando os métodos de sequenciamento de produção frente ao *Lead-Time*, há a conclusão que para a produção de *wafers* na indústria de semicondutores, a regra EDD é adequada para melhorar o indicador [14]. De forma semelhante, foram feitos estudos para investigar a influência dos métodos de sequenciamento no *Lead-Time*, estes concluindo que uma nova regra pode ser empregada: “tempo de processamento ponderado *lead time* de produção médio”, criando um índice que pode ser organizado de forma, portanto ponderada [15].

Turnaround Time é uma métrica também empregada e transformada em meta para os trabalhos em laboratórios. O sistema *Parkour LIMS* tem como objetivo maximizar a eficiência e reduzir o *Turnaround Time* por meio do agrupamento inteligente de amostras e de uma atribuição clara de pessoal às unidades de trabalho. Também neste LIMS, ferramentas para faturamento automatizado, estatísticas interativas sobre o uso das instalações e simples geração de relatórios minimizam as tarefas administrativas [12].

III. MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi inicialmente desenvolvido em um setor do laboratório responsável pelas análises físico-químicas da empresa no departamento de Bromatologia. A base da informação é obtida através de dois bancos de dados do LIMS, *software* fornecido pela *LabWare LIMS™*, os quais possuem estrutura relacional *Structured Query Language* (SQL).

Apenas um computador (sistema operacional) foi utilizado para o funcionamento completo do projeto, no entanto, este sistema torna-se dedicado para apenas este funcionamento. O dispositivo utilizado foi um *laptop* “LeNovo ThinkPad”, processador “Intel(R) Core™ i5-4300M CPU @ 2.60 GHz 2.59 GHz”, possuindo 8 GB de memória RAM com sistema operacional de 64 bits e processador baseado em “x64”.

As informações iniciais obtidas são consideradas os dados brutos do trabalho e podem ser geradas manualmente através do módulo “KPIs” do LIMS, o qual todo colaborador do laboratório tem acesso. O módulo “KPIs” possui três opções de consulta, sendo que para este trabalho, utiliza-se duas: “Amostras/Análises (#)” – opção onde é buscado o Banco de Dados 1; e “*Leadtime* dentro do prazo (%)” – onde é buscado o Banco de Dados 2.1. Ambas opções trazem informações exclusivas que, no trabalho, são combinadas para gerar os

recursos visuais de demanda.

Também manualmente, nos módulos “KPIs”, o colaborador pode escolher (filtrar) as informações pelas condições o qual procura para que o tempo de emissão do banco de dados desejado não se torne muito longo. Esses considerados “pré-filtros”, foram utilizados para este trabalho com algumas variações nas duas opções de “KPIs”. Por exemplo, um dos pré-filtros mais relevantes é o *status* da amostra, que define uma amostra como Aprovada (A), Completa (C), Incompleta (I), Em Andamento (P), Rejeitada (R) e Não Recebida (U). A funcionalidade da programação envolvida utilizou os *status* de Completa (C), Incompleta (I) e Em Andamento (P), condições de processamento relevantes para o proposto. *Status* de amostras Aprovadas (A) ou Rejeitadas (R) foram utilizadas para alimentar indicação de meta acumulando dentro do mês em questão. *Status* de “Não Recebida” indica amostras ainda não recebidas pelo laboratório; amostras no *status* de “Incompleta” são serviços já recebidas mas os ensaios não foram iniciados; o *status* “Em Andamento” retorna amostras que possuem algum serviço/análise/ensaio já concluído, mas com outros pendentes; *status* de “Concluídas” competem amostras que já possuem todos os ensaios e serviços concluídos, e estas então estão aguardando a aprovação do Responsável Técnico; amostras “Aprovadas” são as revisadas e aprovadas pelo Responsável Técnico e com resultados já disponíveis para os solicitantes (clientes); por fim, amostras “Rejeitadas” são aquelas rejeitadas pelo laboratório por alguma inconsistência ou irregularidade no material, no cadastro ou em outro atributo que impossibilita a realização do serviço normalmente.

Para um dos recursos visuais desenvolvidos neste estudo – a lista de trabalho – na opção “Amostra/Análises (#)”, utilizou-se os pré-filtros: “Recebimento Setor”, na alternativa de “Tipo de Data”, para que mostre aos colaboradores apenas opções para análise de amostras que já e apenas estão sob jurisdição do setor; na alternativa “Filtrar por”, utilizou-se o pré-filtro “Análise”, para que o banco retornasse informações de demanda de análise (ensaio analítico – por exemplo análise de Cálcio, Sódio, Gorduras etc.) por linha e então dessa forma a lista de trabalho seria formada pela demanda dos ensaios que devem ser realizados; nas alternativas de “Data Inicial” e “Data Final”, o módulo “KPIs” automaticamente define a “Data Final” como a atual do momento que acionado, e para a “Data Inicial”, utilizou-se o pré-filtro para “um ano atrás”, solicitando ao módulo uma busca de dados de amostras pendentes de até um ano, para que casos de amostras mais antigas (e ainda pendentes) sejam também detectadas na busca; na alternativa “Laboratório”, é selecionada a unidade da companhia onde está localizado o laboratório em questão; em “Grupo de Aliquotagem”, selecionou-se “BRO”, em referência ao setor da Bromatologia, onde o projeto foi inicialmente desenvolvido; por fim selecionou-se os *status* de “Incompleta” e “Em Andamento” das amostras requisitadas, da condição previamente selecionada – “Recebimento Setor”: dessa forma, a pesquisa retorna apenas análises pendentes (“Incompletas” e “Em Andamento”). Com os pré-filtros selecionados, clica-se no comando “Filtrar”, o que traz à memória inicial do LIMS as informações selecionadas pelos pré-filtros. Em seguida e finalmente, clica-se no comando de “Exportar para Excel” – este último comando gera o Banco de Dados 1, levando aproximadamente 15 minutos para concluir a geração desse arquivo. O comando retorna um arquivo em

formato “.csv” (do inglês, *Comma Separated Values*) já salvo em pasta de rede corporativa, considerado neste trabalho como “Planilha1”. Esse arquivo substitui outros Bancos de Dados 1 gerados anteriormente na pasta, com as informações atualizadas. A substituição ocorre sempre pontualmente para o Banco de Dados 1, não trocando os outros bancos de dados também presentes na mesma pasta.

A opção “*Leadtime* dentro do prazo (%)” – onde é buscado o Banco de Dados 2.1, retorna um banco mais enxuto, não fornecendo as informações de quais serviços (análises/ensaios) estão pendentes, mas sim, informações rápidas de amostra-prazo: basicamente, qual a amostra (codificada) nos *status* (alternativa de pré-filtros) de “Incompleta”, “Em Andamento” e “Completa” e o tempo (em dias) que a amostra deve ser concluída visando a data do seu “1º Recebimento” – o número de dias para conclusão do serviço é definido pelo objetivo protocolado pelo solicitante dos ensaios, e o banco de dados retorna este valor. Os pré-filtros que podem ser manualmente selecionados nesta opção de “KPIs” são: a unidade da companhia onde está localizado o laboratório em questão, na alternativa “Laboratório”; “BRO”, na alternativa “Grupo de Aliquotagem” e os três pré-filtros de *status* anteriormente comentados. Com os pré-filtros selecionados, clica-se no comando “Filtrar”, o que traz à memória inicial do LIMS as informações selecionadas pelos pré-filtros. Em seguida e finalmente, clica-se no comando de “Exportar para Excel” – esse último comando gera o Banco de Dados 2.1. O comando retorna um outro arquivo em formato “.csv” já salvo em pasta de rede corporativa, considerado neste trabalho como “Planilha2”. O LIMS leva aproximadamente 2 minutos para concluir a geração desse arquivo e ele substitui pontualmente outros Bancos de Dados 2.1 e 2.2 (esse último comentado na sequência) gerados anteriormente na pasta, com as informações atualizadas.

Com o intuito de substituir as seleções de “pré-filtros” de forma manual e permitir uma ação constante a cada horário definido, foi criado um mecanismo de controle automático de movimentos do mouse e cliques para que a cada hora específica do dia sejam gerados os dois bancos de dados necessários. O então chamado Mecanismo 1 tem funcionamento através do *software* “Microsoft Excel” – “Microsoft® Excel® para Office 365 MSO (16.0.11727.20222) 64bits”, e da linguagem de programação em *Visual Basic for Applications* (VBA). Para este mecanismo, é feita uma declaração em VBA da seguinte função e do seguinte procedimento (*Sub*), respectivamente: “*Public Declare PtrSafe Function SetCursorPos Lib "user32" (ByVal x As Long, ByVal y As Long) As Long*” e “*Public Declare PtrSafe Sub mouse_event Lib "user32" (ByVal dwFlags As Long, ByVal dx As Long, ByVal dy As Long, ByVal cButtons As Long, ByVal dwExtraInfo As Long)*”. A função permite o posicionamento do cursor (mouse) através do comando “*SetCursorPos X, Y*” – X e Y são as coordenadas para que o cursor se posicione na tela em questão. Esse sistema de coordenadas é dependente do tamanho da tela do computador em que se está aplicando – no presente trabalho, dedicou-se uma tela de 14 polegadas. Para identificar as coordenadas sobre os “pré-filtros” com mais facilidade utilizou-se outra função em VBA: “*GetCursorPos*”, com o apoio da declaração de tipo “*POINTAPI*”. A função pode ser declarada com a seguinte linha de código: “*Declare PtrSafe Function GetCursorPos Lib "user32" (lpPoint As POINTAPI) As*

Long”. Essa função era ativada com a combinação das teclas “Ctrl” e “F” e então uma caixa de diálogo surgia na tela fornecendo a posição XY (coordenadas) do mouse (cursor).

A *Sub* em questão, seguidas pela definição de constantes, permite a ação de “clique”. As constantes são definidas da seguinte forma: “Public Const MOUSEEVENTF_LEFTDOWN = &H2” – função que atribui a constante “MOUSEEVENTF_LEFTDOWN” o comando de “apertar o botão esquerdo do mouse”; “Public Const MOUSEEVENTF_LEFTUP = &H4” – função que atribui a constante “MOUSEEVENTF_LEFTUP” o comando de “desapertar o botão esquerdo do mouse”. No código VBA, chama-se essas constantes com o comando “mouse_event”. Como todo o Mecanismo 1 trabalha com cliques simples, criou-se uma *Sub* anexa, chamada de “Clicar()”, a qual basicamente executa as funções atribuídas para “clique” sob seguintes comandos: “apertar botão esquerdo do mouse” através do código “mouse_event MOUSEEVENTF_LEFTDOWN, 0, 0, 0, 0”, seguido pelo comando “largar botão esquerdo do mouse” através do código “mouse_event MOUSEEVENTF_LEFTUP, 0, 0, 0, 0”.

Para criar um segundo recurso visual, o qual é composto por gráficos e indicadores, utilizou-se o Mecanismo 2, o qual utiliza todos os recursos de posicionamento de cursor e clique do Mecanismo 1, no entanto, realiza seleções de pré-filtros utilizando apenas uma opção dos “KPIs”: “Leadtime dentro do prazo (%)”. O Mecanismo 2 gera o Banco de Dados 2.2 e, para geração deste, utiliza-se a alternativa “Data Inicial” (não utilizada no Mecanismo 1). A opção “Leadtime dentro do prazo (%)”, sempre traz, ao selecioná-la, as alternativas “Data Inicial” e “Data Final” como a data atual. No entanto, busca-se, para a criação dos indicadores, um parecer de desempenho dentro do mês. Dessa forma, a alternativa “Data Inicial” deve ser alterada pelo Mecanismo 2 para o primeiro dia do mês em questão: dia “01”. O mecanismo também seleciona os seguintes pré-filtros de *status* de amostras: “Incompletas”, “Em Andamento”, “Completas”, “Aprovadas” e “Rejeitadas”. Os outros dois pré-filtros selecionados pelo mecanismo são: a unidade da companhia onde está localizado o laboratório em questão, na alternativa “Laboratório”; e “BRO”, na alternativa “Grupo de Aliquotagem”. Então, clica-se no comando “Filtrar” e por fim, “Exportar para Excel”, este último então gerando o Banco de Dados 2.2. O comando retorna um outro arquivo em formato “.csv” já salvo em pasta de rede corporativa, substituindo pontualmente os outros Bancos de Dados 2.1 e 2.2 gerados anteriormente na pasta, com as informações atualizadas. Assim como para gerar o Banco de Dados 2.1, o LIMS leva aproximadamente 2 minutos para concluir a geração do Banco de Dados 2.2. Esse mecanismo opera apenas uma vez ao dia.

Para agendar o funcionamento dos mecanismos (e dos demais programas em VBA) utilizou-se o comando “Application.Wait” e na sequência do código colocou-se todos os horários desejados para operação em formato “hh:mm:ss” (sendo *h*, hora do dia e *m* e *s* minutos e segundos correspondentes ao horário). Uma vez acionados os programas, o comando “Application.Wait” agenda as operações e nos horários definidos, os programas fazem a ativação. A única interação externa necessária é acionar os programas uma única vez diariamente. Emprega-se para essa tarefa, então, o *Agendador de Tarefas do Windows (Windows Task Scheduler)*, software capaz de agendar ações diversas a

serem executadas em horários definidos do dia.

Os bancos de dados formados a cada 30 minutos pelo Mecanismo 1 trazem dados e informações pertinentes que, conforme comentado anteriormente, são combinados para a formação dos recursos visuais necessários. O primeiro banco de dados – Banco de Dados 1 e “Planilha1” – traz a informação atual sobre os ensaios que precisam ser realizados por amostra, e estes então, são dispostos nas linhas; nas colunas, este banco traz 24 variáveis, sendo que, são utilizadas apenas 5 para a formação do primeiro recurso visual. O segundo banco de dados – Banco de Dados 2.1 e “Planilha2” – não traz a informação do ensaio, mas da amostra e de seu *lead-time*, as quais são organizadas nas linhas. Já nas colunas, o banco conta com 20 variáveis, as quais são utilizadas apenas 5. As variáveis utilizadas estão descritas no Quadro 1, bem como a explicação da sua informação.

Variáveis Banco de Dados 1	Definição
ID Amostra-Mãe	Código geral da amostra – definido para o laboratório
ID Aliquota	Código único da amostra – definido para apenas o setor em questão
Descrição do Produto	Descrição do tipo de alimento que compõe a amostra
Código de Análise	Código do ensaio LIMS
Nome da Análise	Nome da análise correspondente ao código do ensaio LIMS
Variáveis Banco de Dados 2.1	Definição
ID Amostra-Mãe	Código geral da amostra – definido para o laboratório
ID Aliquota	Código único da amostra – definido para apenas o setor em questão
Data de 1º Recebimento	Data em que a amostra foi recebida no laboratório a qual então inicia-se o <i>lead-time</i>
Prazo	Lead-Time em dias para a conclusão do ensaio
Status da Aliquota	Informação sobre o status da amostra (A, C, I, P, R e U).

Quadro 1 – Variáveis dos Bancos de Dados LIMS

O banco de dados formado diariamente pelo Mecanismo 2 (Banco de Dados 2.2), através da opção “Leadtime dentro do prazo (%)” utiliza apenas duas variáveis das 20: “Status da Aliquota” (definição explicada no Quadro 1) e “Dentro do Prazo?”. Essa última variável retorna para cada linha (cada amostra) uma resposta de “Sim” ou “Não”.

Para a combinação dos Bancos de Dados 1 e 2.1, inicialmente transfere-se o conteúdo para duas abas distintas

em uma pasta de trabalho do Microsoft Excel. Em VBA, com o auxílio do código “*Sheets.Add*”, cria-se as “Planilha1” e “Planilha2” onde são alocados os Bancos de Dados 1 e 2.1 respectivamente. Utiliza-se o código “*Workbooks.Open*” e então referencia-se o local e banco através da informação do caminho da pasta da rede corporativa. Logo após, o programa inicia com a remoção das colunas indesejadas, deixando as 5 para a “Planilha1” e as outras 5 para a “Planilha2”. O programa faz a seleção das colunas indesejadas e então com o auxílio do comando “*Selection.Delete Shift:xlToLeft*” faz a remoção das colunas.

Para a combinação das Planilhas 1 e 2, utiliza-se comandos em VBA para copiar e colar dados, e auxílio de fórmulas “*PROCV*” – todos os dados agora já minerados da “Planilha2” são transferidos para a “Planilha1”. Para a disponibilização clara dos prazos, a função “=*WORKDAY()*” é empregada, a qual utiliza a informação “Data de 1º Recebimento” com “Prazo”, devolvendo uma informação de data-prazo. Com essa informação, o programa também utiliza então a função “=*WEEKDAY()*” para informar que dia da semana corresponde a referida data-prazo. Organiza-se todas as linhas por ordem crescente de data-prazo, estas localizadas na coluna “C” da planilha, com o auxílio do comando “*ActiveWorkbook.Worksheets("Planilha1").ListObjects("Tabela1").Sort.SortFields. Add Key:=Range("C2"), SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending, DataOption:=xlSortNormal*”. Amostras com prazo expirado, expirando no presente dia e expirando no dia seguinte são destacadas utilizando formatações condicionais com o auxílio do comando “*Selection.FormatConditions*”. Amostras com *status* C são destacadas também utilizando as formatações condicionais para responsáveis técnicos facilmente identificarem quais são as pendências de aprovação.

Por fim, cria-se uma planilha no formato “.xism” que será mantida aberta e será utilizada como um recurso visual. Esta planilha em “.xism” pode ser encaminhada, com suporte de comandos em VBA, por e-mail via *software* “Microsoft Outlook”. No presente trabalho, utilizou-se a versão “Microsoft® Outlook® para Office 365 MSO (16.0.11727.20222) 64bits”. Utiliza-se uma extensão no primeiro código em VBA a ser executado do dia referente à esta combinação de Bancos com o comando “*Outlook.Application*” e a criação de objeto com o comando “*OutProg.CreateItem(0)*”. Essa programação permite com a extensão em código do comando “*OutProg.CreateItem(0)*” encaminhar um e-mail para um colaborador (com a extensão “.To”) em cópia para o restante da equipe (“.cc”), com assunto definido (“.Subject”), padrão de formatação em *HTML* (“.HTLMBody”) e por fim com anexo (combinação dos Bancos 1 e 2.1 via código “*Attachments.Add("caminho onde está salvo o .xism")*”). O comando para enviar é a extensão “.Send” do comando “*OutProg.CreateItem(0)*”.

Utiliza-se a estrutura e informação disposta na combinação dos Bancos de Dados 1 e 2.1 para apresentar o ensaio de maior criticidade no momento. Essa apresentação é feita em outro recurso visual dedicado. Para tanto, utilizou-se o método de sequenciamento de produção IC, definido matematicamente pela equação (1) a seguir:

$$IC = (\text{Lead-Time (h)}) / (\text{Tempo de Processamento (h)}) \quad (1)$$

Os fatores de *lead-time* são verificados pelo programa a cada

atualização automática, e este converte e calcula o tempo restante, em horas, para a conclusão do ensaio.

O tempo de processamento foi obtido cronometrando o desempenho do colaborador na realização do ensaio e inclusive, em etapas estacionárias, como por exemplo, o procedimento de determinado ensaio protocola que a amostra necessita ficar 2 horas em estufa em certa etapa. A informação do tempo de processamento foi reforçada por informações de procedimento dispostas em documentos oficiais do laboratório. Para o projeto inicial, foi preciso verificar o tempo de processamento dos ensaios principais do departamento de Bromatologia. Os tempos foram cronometrados dos ensaios listados no Quadro 2.

Principais Ensaios do Setor de Bromatologia
Atividade da Água
Carboidrato Antrona
Cinzas
Cloretos
Colesterol
Fibras
Fosfato
Gordura Hidrolisada
Lipídios
Minerais (cálcio, ferro, sódio, potássio)
Nitrato
Nitrito
Perfil de Ácidos Graxos
pH
Proteína Dumas
Proteína Kjeldahl
Umidade CEM
Umidade Gerais

Quadro 2 – Ensaios contemplados para cálculo de IC

A linguagem VBA aplica a Equação 1 na estrutura da segunda tela e verifica o ensaio com IC mais baixo – ensaio de maior criticidade. Este então é retornado como filtrado. O recurso “Filtro” do Excel traz apenas o ensaio em questão juntamente com todas as informações pertinentes resultantes da combinação dos bancos dados. Não apenas a amostra (linha) com IC mais baixo é retornada, mas também todas as outras de mesmo ensaio, pois a produção no laboratório é geralmente desempenhada em bateladas, não tendo acréscimo de tempo significativo com o aumento no número de amostras.

Por fim, é utilizado o Banco de Dados 2.2 para a montagem de gráficos e indicadores. Essa montagem ocorre em bases diárias nas primeiras horas do dia. O conteúdo extraído desse banco, conforme comentado anteriormente, detém de duas variáveis (colunas): “Status da Alíquota” e “Dentro do Prazo?”. Inicialmente gera-se os dois indicadores correspondentes à situação atual do laboratório, considerando amostras em *status* “Incompleta”, “Em Andamento” e “Completa” – verifica-se em acordo com a informação da variável “Dentro do Prazo?” quais linhas desses *status* corresponde a “Não” e realiza-se uma dedução percentual do que foi encontrado. O terceiro e último indicador utiliza o desempenho do presente mês às amostras já entregues: *status* “Aprovada” e “Rejeitada”. Da mesma forma que nos primeiros indicadores, é feita uma dedução percentual de casos encontrados como “Não” na coluna “Dentro do Prazo?”

para amostras nestes *status*. Esses valores percentuais são calculados pelo próprio Microsoft Excel e os dados são acumulados diariamente dentro de colunas ocultas. Os indicadores são montados e atualizados também pelo próprio *software* e as informações neles dispostas mensalmente são recomeçadas a cada dia primeiro.

O trabalho produz três recursos visuais e mais mecanismos que necessitam de monitoria dedicada. Dessa forma, considerando que o único *laptop* utilizado possui apenas uma saída VGA (do inglês, *Video Graphics Array*) para extensão de tela, foi realizada a aquisição de dois dispositivos adaptadores de vídeo “USB 3.0 to DVT” – marca “C2G™, *Chipset Displaylink*”, referenciados neste trabalho como dispositivos “USB-VGA”. Esses adaptadores permitem uma saída USB (do inglês, *Universal Serial Bus*) atuar como um extensor de tela adicional no *laptop*. Dessa forma ocupou-se do computador “Lenovo ThinkPad” a sua saída VGA, e duas saídas USB conectadas aos adaptadores “USB-VGA”. A parte externa do adaptador consta outra saída VGA, permitindo a vinculação de mais dois monitores desse tipo de conexão.

IV. RESULTADOS

Foram desenvolvidos três tipos de organizações: lista atual – ensaios em processamento e priorização através de prazos de entrega; lista de ensaio com maior índice de criticidade – um estudo programado visando o ensaio mais crítico (considerando tempo de processamento e prazo de entrega); e gráficos de desempenho de *lead-time* e de entrega dos serviços no prazo. Essas três organizações realizam sua atualização automaticamente por monitor dedicado – Tela 1 – visto que as conclusões e chegadas de serviço são constantes. Elas estão dispostas em três outras telas (monitores) diferentes nos setores analíticos e fornecem aos técnicos rápida informação de prioridade. Cada exibição, chamadas de Tela 2, Tela 3 e Tela 4, corresponde a uma planilha em “.xism” independente, porém com compartilhamento de dados circulando entre as mesmas.

Os recursos de ativação de atividades promovidos pelo *software* “*Agendador de Tarefas do Windows*” iniciam nos primeiros minutos do dia com a inicialização dos 5 programas desenvolvidos neste trabalho. No *software* foi agendado nos minutos entre 00h01min e 00h05min, a inicialização dos programas “Mec1”, referenciando o Mecanismo 1; “Mec2”, correspondendo ao Mecanismo 2 e aos programas das Telas 2, 3 e 4.

Após a inicialização de cada programa, os mesmos tiveram sua ativação suspensa por efeito do comando “*Application.Wait*” até a primeira hora referenciada na Tabela 1. Essa tabela traz as informações de todos os horários no dia em que os programas de cada mecanismo e tela são executados.

Com a definição dos pré-filtros necessários em ambas as opções do módulo “KPIs”, e com a necessidade de um sistema de busca constante e principalmente automatizado, desenvolveu-se os dois mecanismos de seleção e geração automática dos bancos de dados. O Mecanismo 1 e o Mecanismo 2 controlam movimentos do mouse e de cliques, sendo possível a cada período de tempo definido, a programação automática de cliques que aciona as opções do módulo KPIs e seleciona a cada vez os pré-filtros necessários. Dessa forma, a geração dos bancos de dados necessários se torna automatizada e permite a geração constante do banco em

“.csv” na pasta da rede corporativa, em uma periodicidade de 45 minutos, respeitando e abrangendo o tempo médio que o LIMS precisa para gerar os bancos. Conforme comentado anteriormente, o LIMS leva em média 15 minutos para geração do Banco de Dados 1 e outros rápidos 2 minutos (em média) para a geração do Banco de Dados 2.1 e 2.2.

Mec1	Mec2	Tela 2	Tela 3	Tela 4
-	00h30	-	-	1h00
01h30	-	02h00	02h05	-
02h15	-	02h45	02h50	-
03h00	-	03h30	03h35	-
03h45	-	04h15	04h20	-
04h30	-	05h00	05h05	-
05h15	-	05h45	05h50	-
06h00	-	06h30	06h35	-
06h45	-	07h15	07h20	-
07h30	-	08h00	08h05	-
08h15	-	08h45	08h50	-
09h00	-	09h30	09h35	-
09h45	-	10h15	10h20	-
10h30	-	11h00	11h05	-
11h15	-	11h45	11h50	-
12h00	-	12h30	12h35	-
12h45	-	13h15	13h20	-
13h30	-	14h00	14h05	-
14h15	-	14h45	14h50	-
15h00	-	15h30	15h35	-
15h45	-	16h15	16h20	-
16h30	-	17h00	17h05	-
17h15	-	17h45	17h50	-
18h00	-	18h30	18h35	-
18h45	-	19h15	19h20	-
19h30	-	20h00	20h05	-
20h15	-	20h45	20h50	-
21h00	-	21h30	21h35	-
21h45	-	22h15	22h20	-
22h30	-	23h00	23h05	-
23h15	-	23h45	23h50	-

Tabela 1 – Horários das atividades durante o dia utilizando o recurso “*Application.Wait*”

Os mecanismos foram feitos com o auxílio da programação que retorna as coordenadas XY da tela do *laptop*. O recurso facilitou entrar com as informações pertinentes de posicionamento de cursor para o funcionamento do comando “*GetCursorPos*” da programação dos mecanismos. A Tabela 2 traz as coordenadas utilizadas na tela do *laptop* em referência aos pré-filtros selecionados.

Mecanismo 1 - “Amostras/Análises (#)”				
Ordem	Pré-filtros	X	Y	
1	KPIs	953	33	
2	Amostras/Análises (#)	953	47	
3	Desselecionar filtros extras pré-selecionados	744	214	
4	Tipo de Data	377	177	
5	Recebimento Setor	367	255	
6	Filtrar Por	501	174	
7	Análise	501	211	
8	Ano Inicial	480	223	
9	2019	480	271	
10	Barra de rolagem para selecionar Laboratório (após posicionado, clica-se 10 vezes)	916	264	
11	Laboratório (unidade da companhia)	891	264	
12	Grupo de Aliquotagem (setor-BRO)	1036	214	
13	Barra de rolagem para tornar novos itens visíveis na tela	1323	694	
14	<i>Status</i> de amostra	Incompleta	1150	230
		Em Andamento	1170	244
15	Filtrar	1150	301	
16	Barra de rolagem para tornar novos itens visíveis na tela	1323	694	
17	Exportar para Excel	1309	321	
Mecanismo 1 - “Leadtime dentro do prazo (%)”				
Ordem	Pré-filtros	X	Y	
1	KPIs	953	33	
2	Leadtime dentro do prazo (%)	953	60	
3	Desselecionar filtros extras pré-selecionados 1	752	199	
4	Desselecionar filtros extras pré-selecionados 2	1086	195	
5	Barra de rolagem para selecionar laboratório (após posicionado, clica-se 9 vezes)	915	249	
6	Laboratório (unidade da companhia)	889	249	
7	Grupo de Aliquotagem (setor-BRO)	977	195	
8	<i>Status</i> de amostra	Incompleta	Pré-selecionado	
		Em Andamento	1295	213
		Completa	1295	228
9	Barra de rolagem para tornar novos itens visíveis na tela	1322	697	
10	Filtrar	1244	196	
11	Barra de rolagem para tornar novos itens visíveis na tela	1322	697	
12	Exportar para Excel	1325	198	
Mecanismo 2 - “Leadtime dentro do prazo (%)”				
Ordem	Pré-filtros	X	Y	
1	KPIs	953	33	
2	Leadtime dentro do prazo (%)	953	60	
3	Desselecionar filtros extras pré-selecionados 1	752	199	
4	Desselecionar filtros extras pré-selecionados 2	1086	195	
5	Barra de rolagem do dia inicial	290	205	
6	Barra de rolagem para tornar visível o dia inicial "01" (após posicionado, clica-se 5 vezes)	292	226	
7	Dia inicial “01” (agora visível na tela)	270	225	
8	Laboratório (unidade da companhia)	889	249	
9	Grupo de Aliquotagem (setor-BRO)	977	195	
10	Barra de rolagem para tornar novos itens visíveis na tela	1322	697	
11	<i>Status</i> de amostra	Incompleta	Pré-selecionado	
		Em Andamento	1095	213
		Completa	1095	228
12	Barra de rolagem para tornar <i>status</i> "Rejeitada" visível (após posicionado, clica-se 1 vez)	1156	248	
13	<i>Status</i> de amostra	Aprovada	1095	229
14		Rejeitada	1095	247
15	Filtrar	1244	196	
16	Barra de rolagem para tornar novos itens visíveis na tela	1322	697	
17	Exportar para Excel	1325	198	

Tabela 2 – Posicionamento XY do Mouse para atribuição ao comando “GetCursorPos” para Mecanismos 1 e 2

Os mecanismos possuem funcionamento dependente das 14 polegadas do único dispositivo utilizado "LeNovo ThinkPad", sendo então a tela do *laptop* dedicada a eles. Portanto, a tela do computador é considerada como a Tela 1. Para o Mecanismo 1, é aplicado o comando "*Application.Wait*" a cada 45 minutos do dia, iniciando no horário 01h30min e finalizando às 23h15min de cada dia, conforme Tabela 1, coluna "Mec1".

A Tela 2 é mostrada em um monitor conectado no único dispositivo "LeNovo ThinkPad" pela única saída VGA disponível no *hardware* do computador. Formada pela combinação dos Bancos de Dados 1 e 2.1, a Tela 2 mostra o quadro de serviço atual os quais os colaboradores necessitam se basear.

A Tela 2 atualiza na hora definida aplicada pelo comando "*Application.Wait*", buscando nas pastas da rede corporativa os dados lá dispostos e atualizados a cada 45 minutos do dia pelo Mecanismo 1. A atualização da tela ocorre sempre 30 minutos após o início da aplicação do Mecanismo 1. A Tabela 1, coluna "Tela 2", traz os horários que o comando "*Application.Wait*" atua para este recurso visual. Dessa forma, a Tela 2 disponibiliza um fluxo de trabalho atualizado contendo as informações de "ID Amostra-Mãe", "ID Alíquota", "Prazo", "Prazo – Dia da Semana", "Código da Análise", "Nome da Análise" e "Descrição do Produto". Compete à programação da tela organizar todas as amostras por seus referidos ensaios com ordenação em base nos prazos mais antigos.

Amostras completas são destacadas, por formatação condicional, em verde (toda a linha) no decorrer da lista, mantendo a informação do "ID da Alíquota" e o prazo, visto que caso a amostra não for aprovada antes da referida data, será considerado um atraso; portanto a informação do prazo deve ser mantida. Para as outras variáveis completa-se apenas com a expressão "Ensaio Completo - Aprovação Pendente". A utilização da cor verde foi escolhida como forma de alerta positivo em que os solicitantes do serviço estão prestes a receber seus resultados, pois todos os ensaios químicos-analíticos foram concluídos. A busca dos dados de amostras "Completas", é feita somente na opção de "*Leadtime dentro do prazo (%)*" do módulo de "KPIs" justamente porque nesta opção, retorna-se apenas uma linha por amostra, enquanto a opção "Amostras/Análises (#)" retorna para amostras completas, todos os ensaios já completos de uma amostra. Ou seja, na lista de trabalho desenvolvida, várias linhas seriam dedicadas a ensaios já concluídos de uma apenas amostra e estes não precisam ser evidenciados como pendências. As pendências neste caso devem ser reportadas apenas para amostras "Incompletas" e/ou "Em Andamento", as quais são o foco do recurso visual desenvolvido. Retornando apenas uma linha para uma amostra "Completa", o conteúdo já possui informações suficientes ao Responsável Técnico: todos os ensaios para determinada amostra estão completos e o colaborador pode consultar até qual prazo (informação mantida na linha) é possível realizar a aprovação.

Outras formatações condicionais presentes na Tela 2, podem ser verificadas pelas indicações em que a data do prazo se encontra em vermelho e conteúdo escrito em branco - informação a qual corresponde a entregas com prazo já expirado ou expirando na data atual; e os casos de datas em amarelo, que correspondem a entregas com prazo expirando no dia seguinte, ou na segunda-feira, caso a programação está

sendo realizada em uma sexta-feira.

A Figura 1 representa a Tela 2 criada na data de 22/07/2020 em uma situação em que o setor da Bromatologia possui alertas para um atraso, um ensaio de Carboidrato Antrona (ver Quadro 1) pendente para a data e quatro ensaios de duas amostras pendentes para o dia seguinte. Também, na mesma figura é possível verificar que duas amostras – 8727617 e 8727620 ("ID Alíquota") – possuem seus ensaios concluídos, indicados em verde, prontos para aprovação.

O exibido na Tela 2 é o conteúdo mais urgente da planilha, condição criada pelo comando de ordenação de linhas com base nos prazos mais antigos. No entanto, a tela fornece informações até o permitido pelo encaixe do material ao tamanho do monitor. Portanto, criou-se a condição em que a primeira Tela 2 feita no dia, concluída em planilha no formato ".xslm", é encaminhada por e-mail através do software "Microsoft Outlook" para todos os colaboradores do setor. Isso é possível através do apoio da programação em VBA empregada nas linhas do código da primeira Tela 2, no horário das 02h00min, conforme Tabela 1. O acesso à planilha por e-mail permite aos colaboradores verem a situação atual do laboratório num todo, utilizando, em seus próprios computadores a barra de rolagem para acessarem as informações de toda a planilha.

A Tela 3 atualiza sempre 5 minutos após o início da atualização da Tela 2, visto que esta informação é então a aplicação do cálculo do IC nos dados contidos da Tela 2. A Tabela 1, coluna "Tela 3", traz os horários que o comando "*Application.Wait*" atua para a tela. A Tabela 3 e Figura 2 trazem as informações do tempo de processamento dos ensaios cronometrados, em complemento ao Quadro 1 e seu comparativo através de gráfico de barras, respectivamente. O conteúdo no terceiro monitor é exibido através de saída USB do *laptop* em encontro com o adaptador "USB-VGA".

Ensaio	Tempo de Processamento (h)
Atividade da Água	0,5
Carboidrato Antrona	4,3
Cinzas	12,2
Cloretos	8,8
Colesterol	5,2
Fibras	40,6
Fosfato	9,7
Gordura Hidrolisada	12,2
Lipídios	5,9
Minerais (cálcio, ferro, sódio, potássio)	12,2
Nitrato	4,1
Nitrito	2,3
Perfil de Ácidos Graxos	4,0
pH	0,5
Proteína Dumas	1,2
Proteína Kjeldahl	4,4
Umidade CEM	0,5
Umidade Gerais	16,0

Tabela 3 – Tempo de Processamento de Ensaio

É nessa organização integrada e dinâmica que a terceira tela (Tela 3 – lista decidida por índices de criticidade) realiza seus cálculos e apresenta a situação que deve ser atuada com maior

ID Amostra-Mãe	ID Aliquota	Prazo	Prazo - Dia da Semana	Código da Análise	Nome da Análise	Descrição do Produto
8818149	8818189	21/07/2020	Terça-Feira	IND_AMIDO_ANTRONA	Amido	APRESUNTADO PARA FATIAMENTO PVAR PALLET 710,5KG
8818149	8818189	21/07/2020	Terça-Feira	IND_CARBOID_ANTRONA	Sugar	APRESUNTADO PARA FATIAMENTO PVAR PALLET 710,5KG
8712818	8713641	22/07/2020	Quarta-feira	IND_CARBOID_ANTRONA	Sugar	FRZ BREADED CHICKEN MEAT
8712819	8713653	23/07/2020	Quinta-Feira	IND_CARBOID_ANTRONA	Sugar	FRZ BREADED CHICKEN MEAT
8861945	8861951	23/07/2020	Quinta-Feira	IND_CARBOID_ANTRONA	Sugar	COXA SOBRECOXA FGO CUB TEMP PRE F CONG
8861945	8861951	23/07/2020	Quinta-Feira	IND_GORDURA_HIDROLIS	Acid Hydrolysis Fat	COXA SOBRECOXA FGO CUB TEMP PRE F CONG
8861945	8861951	23/07/2020	Quinta-Feira	IND_SODIO_FOTOMETRO	Sódio	COXA SOBRECOXA FGO CUB TEMP PRE F CONG
8864791	8864806	24/07/2020	Sexta-Feira	IND_GORDURA_HIDROLIS	Acid Hydrolysis Fat	PEITO S/OP FGO CONG TIRAS LIMAO-GALERIA
8864791	8864806	24/07/2020	Sexta-Feira	IND_UMIDADE_AREIA	Umidade Areia	PEITO S/OP FGO CONG TIRAS LIMAO-GALERIA
8864916	8864931	24/07/2020	Sexta-Feira	IND_UMIDADE_VOLATEIS	Volatile Humidity per Stove	AROMA NATURAL DE CARNE DE FRANGO
8733680	8733740	27/07/2020	Segunda-Feira	IND_CALCIO_AA	Calcium	CARNE MEC SEP FGO RESF TRAN CX 24H 950KG
8733680	8733740	27/07/2020	Segunda-Feira	IND_CALCIO_BS	Cálcio	CARNE MEC SEP FGO RESF TRAN CX 24H 950KG
8819779	8819811	27/07/2020	Segunda-Feira	IND_CALCIO_AA	Calcium	SHG312 SALSICHA HOT DOG RESF 4PT 11,2KG
8819779	8819811	27/07/2020	Segunda-Feira	IND_CALCIO_BS	Cálcio	SHG312 SALSICHA HOT DOG RESF 4PT 11,2KG
8820008	8820079	27/07/2020	Segunda-Feira	IND_CALCIO_AA	Calcium	SHG420 SALSICHA HOT DOG 4PT CX 20KG
8820008	8820079	27/07/2020	Segunda-Feira	IND_CALCIO_BS	Cálcio	SHG420 SALSICHA HOT DOG 4PT CX 20KG
Ensaio Completo - Aprovação Pendente	8727617	27/07/2020	Segunda-Feira	Ensaio Completo - Aprovação Pendente	Ensaio Completo - Aprovação Pendente	Ensaio Completo - Aprovação Pendente
Ensaio Completo - Aprovação Pendente	8727620	27/07/2020	Segunda-Feira	Ensaio Completo - Aprovação Pendente	Ensaio Completo - Aprovação Pendente	Ensaio Completo - Aprovação Pendente
8877548	8877552	28/07/2020	Terça-Feira	IND_ACID_GRAXOS	Perfil de Ácidos Graxos	MORTADELA BOLOGNELLA CX 10,5KG
8877548	8877552	28/07/2020	Terça-Feira	IND_CALCIO_AA	Calcium	MORTADELA BOLOGNELLA CX 10,5KG
8877548	8877552	28/07/2020	Terça-Feira	IND_COLESTEROL	Cholesterol	MORTADELA BOLOGNELLA CX 10,5KG
8877548	8877552	28/07/2020	Terça-Feira	IND_FERRO_AA	Iron	MORTADELA BOLOGNELLA CX 10,5KG
8877548	8877552	28/07/2020	Terça-Feira	IND_FOSFATO_CARNES	Fosfato	MORTADELA BOLOGNELLA CX 10,5KG
8877548	8877552	28/07/2020	Terça-Feira	IND_GORDURA_HIDROLIS	Acid Hydrolysis Fat	MORTADELA BOLOGNELLA CX 10,5KG
8877548	8877552	28/07/2020	Terça-Feira	IND_LIPIDIOS	Total Fat	MORTADELA BOLOGNELLA CX 10,5KG
8877548	8877552	28/07/2020	Terça-Feira	IND_POTASSIO_FOT	Potássio	MORTADELA BOLOGNELLA CX 10,5KG
8877548	8877552	28/07/2020	Terça-Feira	IND_PROTEINA_KJED	Proteína Kjeldahl	MORTADELA BOLOGNELLA CX 10,5KG
8877548	8877552	28/07/2020	Terça-Feira	IND_SODIO_FOTOMETRO	Sódio	MORTADELA BOLOGNELLA CX 10,5KG
8877548	8877552	28/07/2020	Terça-Feira	IND_UMID_MIC	Umidade CEM	MORTADELA BOLOGNELLA CX 10,5KG
8877548	8877552	28/07/2020	Terça-Feira	IND_UMIDADE_VOLATEIS	Volatile Humidity per Stove	MORTADELA BOLOGNELLA CX 10,5KG
8774114	8778779	30/07/2020	Quinta-Feira	IND_AMIDO_ANTRONA	Amido	SHG420 SALSICHA HOT DOG 4PT CX 20KG
8774114	8778779	30/07/2020	Quinta-Feira	IND_CALCIO_AA	Calcium	SHG420 SALSICHA HOT DOG 4PT CX 20KG
8774114	8778779	30/07/2020	Quinta-Feira	IND_CALORIAS	Calories	SHG420 SALSICHA HOT DOG 4PT CX 20KG
8774114	8778779	30/07/2020	Quinta-Feira	IND_CARBOID_ANTRONA	Sugar	SHG420 SALSICHA HOT DOG 4PT CX 20KG
8774114	8778779	30/07/2020	Quinta-Feira	IND_SODIO_FOTOMETRO	Sódio	SHG420 SALSICHA HOT DOG 4PT CX 20KG
7903274	7903353	31/07/2020	Sexta-Feira	IND_GORDURA_HIDROLIS	Acid Hydrolysis Fat	AMOSTRA P&D
7903274	7903353	31/07/2020	Sexta-Feira	IND_UMIDADE_VOLATEIS	Volatile Humidity per Stove	AMOSTRA P&D
8787563	8787816	31/07/2020	Sexta-Feira	IND_CARBOID_ANTRONA	Sugar	AMOSTRA P&D
8787564	8787820	31/07/2020	Sexta-Feira	IND_CARBOID_ANTRONA	Sugar	AMOSTRA P&D
8691734	8692266	03/08/2020	Segunda-Feira	IND_NITRATO	Nitrato de Sódio	AMOSTRA INTERLABORATORIAL
8691734	8692266	03/08/2020	Segunda-Feira	IND_NITRITO	Nitrito de Sódio	AMOSTRA INTERLABORATORIAL
8691734	8692266	03/08/2020	Segunda-Feira	IND_PROTEINA_KJED	Proteína Kjeldahl	AMOSTRA INTERLABORATORIAL
8692493	8692873	03/08/2020	Segunda-Feira	IND_ACID_GRAXOS	Perfil de Ácidos Graxos	AMOSTRA INTERLABORATORIAL
8692493	8692873	03/08/2020	Segunda-Feira	IND_CLORETOS_NACL	Cloretos expressos como NaCl	AMOSTRA INTERLABORATORIAL

Figura 1 – Tela 2

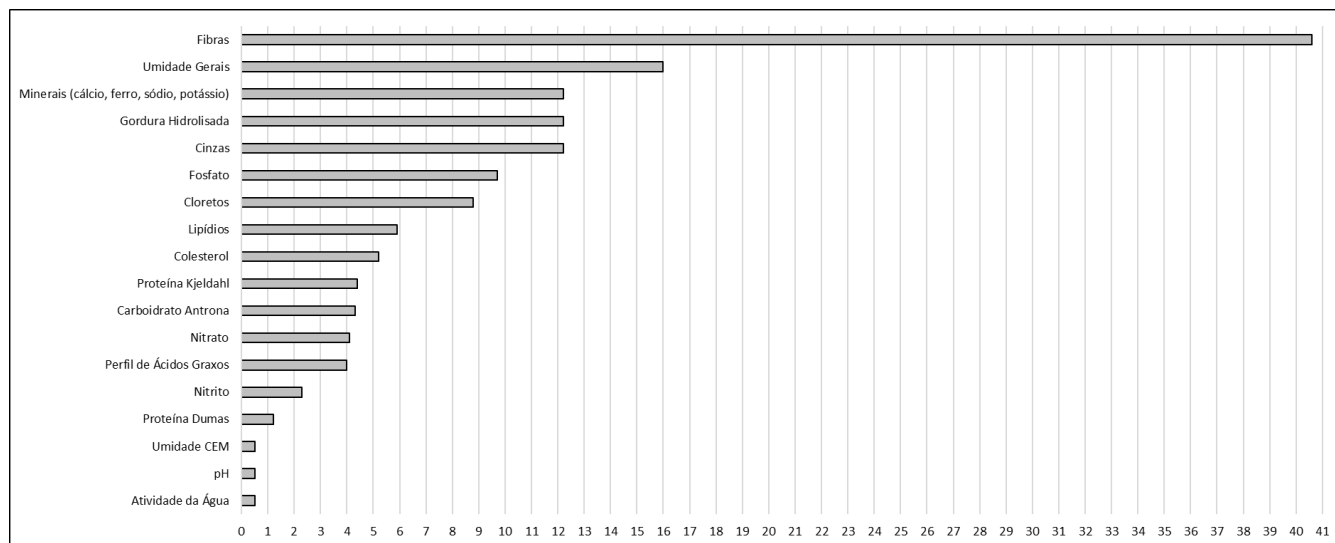


Figura 2 – Comparativo entre tempo de processamento (em horas) dos ensaios analíticos

prioridade. Após efetuada a equação 1, via comandos em VBA, a segunda tela é copiada, filtrada para o ensaio decidido, e apresentada na Tela 3. Esse recurso visual proporciona um equilíbrio de atividades no setor químico-analítico, pois fornecendo aos colaboradores a noção do ensaio mais crítico, automaticamente pode deslocar algum colega direcionado a realizar análises menos prioritárias ao auxílio do responsável do determinado pelo IC.

A Tela 4 é a tela dos três indicadores de desempenho do laboratório em cumprir o *lead-time* do serviço. O conteúdo no quarto monitor é exibido através de saída USB do laptop em encontro com o adaptador "USB-VGA". O recurso visual traz três gráficos formados por dados disponíveis no Banco de Dados 2.2 e gerados pelo Mecanismo 2. O Mecanismo 2 atua uma vez por dia no horário 00h30min, conforme Tabela 1, coluna "Mec2".

Os três indicadores remetem-se aos títulos de "Atendimento Lead-Time Amostras em Processo (%)", "Atendimento Lead-Time Amostras em Processo (%) - Comportamento do Mês" e "Atendimento Lead-Time (%) Acumulado no Mês". O primeiro indicador retorna um gráfico de uma única coluna de encontro a uma linha de meta, com a porcentagem atual de amostras no prazo frente a amostras atrasadas do dia. O segundo gráfico, um gráfico de linhas, traz o histórico mensal da situação do departamento, com a indicação também de uma linha de meta. Por fim, o terceiro gráfico retorna a informação do desempenho acumulado do laboratório: porcentagem de amostras entregues dentro do prazo no mês em questão (amostras sob *status* de "Aprovadas"), em comparação à linha de meta. Esse último indicador permite a interpretação de tendência de performance do setor, visto que atualiza seus dados de forma acumulativa dentro do mês. Se houver recuperação, o gráfico tenderá a subir. Normalmente, percebe-se uma queda nos gráficos de linha quando em algum momento durante o mês, um equipamento apresentou mal funcionamento ou enguiçou, ou na falta de algum reagente ou produto necessário para realizar os ensaios.

A Figura 3 traz a representação desses três indicadores em comparação a uma meta de 96% (linha escura contida ao longo dos planos). No indicador "Atendimento Lead-Time Amostras em Processo (%)" há uma adaptação de escalas para o eixo

vertical, iniciando em 80% para melhor dimensionamento do conteúdo frente à linha da meta, considerando também o histórico do setor em nenhum momento atingir um atendimento abaixo de 80%. Para os outros gráficos, foi utilizada definição automática do Microsoft Excel de limites do eixo vertical para o limite mínimo. Para o limite máximo, utilizou-se o valor de 100%.

É possível perceber na Figura 3 que nas datas entre 11 e 17 do mês de agosto, houve atrasos devido a falhas no equipamento responsável pelo ensaio de Proteína Dumas. Houve uma demora de um dia apenas para o ensaio se tornar a prioridade pelos cálculos de IC, visando seu baixo tempo de processamento (Tabela 3). Rapidamente, em dois dias (17 e 18/08), houve a retomada do equipamento e a eliminação dos atrasos. O perfil acumulado passou a recuperar após as aprovações das amostras atrasadas, com um aumento de produtividade para a diluição do indicador (fornecendo mais amostras "Aprovadas" ao indicador, com perfil "Sim" para a variável "Dentro do Prazo?"). Dessa forma, considerando o perfil acumulado, as aprovações dentro do *lead-time* para o mês de agosto/2020 atingiram meta da companhia.

V. CONCLUSÃO

O presente trabalho demonstrou um procedimento facilitador da rotina dos colaboradores de um laboratório químico-analítico industrial. O projeto proporciona uma maior proximidade de uma das metas principais do segmento da companhia. Além disso, fornece noções visuais de desempenho e oportunidades de organização de prioridades.

As Telas 2 e 4 são recursos visuais que instigam os colaboradores. As cores presentes na lista da Tela 2 atuam como provocadores à equipe – o setor sempre busca tornar a lista o mais preto e branco possível. Os gráficos motivam a equipe para realização das metas e tornam também, em alguns casos, desafios internos de cada um em levantar as curvas para mais próximo ao 100% de atendimento ao *lead-time*. Seguindo esses direcionamentos de como as cores devem se apresentar na Tela 2 e como as linhas precisam estar dispostas nos gráficos da Tela 4, percebe-se que a função das exibições dinâmicas, além de fornecer informações rápidas de prioridades e desempenho, levam aos colaboradores do

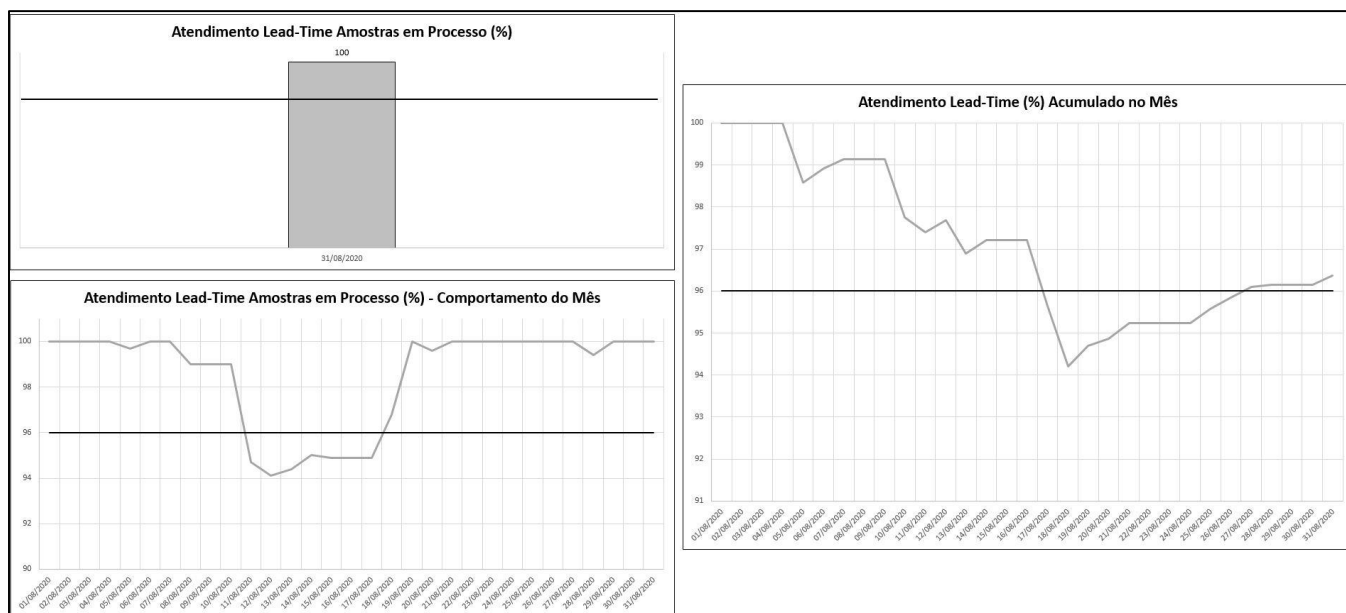


Figura 3 – Tela 4

laboratório uma noção visual do trabalho exercido no dia. Esse fator traz por consequência a satisfação de dever cumprido.

Conforme Figura 3, a qual exibe condições de baixo atendimento da meta, foi possível perceber que com a ajuda da exibição dinâmica, houve nas datas de 17/08/2020 e 18/08/2020 uma produtividade além da rotineira para a eliminação dos atrasos e atingimento ideal do quadro do momento. Dessa forma, rapidamente o que estava atrasado e possivelmente prejudicando liberações de lotes de alimentos e travando as vendas do produto, foi corrigido e compensado no restante do mês, com serviços entregues dentro do estipulado pelo *lead-time*. Sem as exibições dinâmicas, a identificação do que exatamente estava atrasado e o quanto isso estava impactando nos indicadores seria especialmente remota e pouco visual.

Toda gestão e apresentação das informações nas telas, bem como o funcionamento dos mecanismos, foram desenvolvidos com ferramentas já dispostas na companhia. Considerando o importante aspecto financeiro, avaliado pelas direções das companhias, o projeto traz uma solução de gerenciamento de serviço de baixo custo. O trabalho demonstra que uma organização e exposição de dados significativos e atualizados podem ser otimizadas com baixo investimento.

Este trabalho conta com uma continuidade baseada em três planos futuros para a implementação. O primeiro plano utiliza mais dados atualmente já dispostos pelo próprio LIMS. O próprio *software* dispõe no módulo “KPIs”, opção “Amostras/Análises (#)”, um pré-filtro chamado “Envio”, o qual fornece dados de serviços/ensaios que foram encaminhados ao laboratório, mas que ainda não foram recebidos. Com esses dados é possível organizar uma quinta tela (Tela 5) com ensaios futuros. O objetivo é fornecer aos colaboradores essas informações para antecipação de processos – preparação de soluções, verificação de reagentes disponíveis, condições instrumentais pertinentes de acordo, entre outras formas de permitir com que o colaborador prepare o setor para receber as análises. Em casos anômalos, os quais não será possível desempenhar a análise já enviada, por motivos de falhas em equipamentos, por exemplo, o

colaborador terá tempo hábil em organizar o redirecionamento da amostra e comunicar o cliente, até antes da amostra chegar ao laboratório.

O segundo plano futuro é a replicação do projeto para outros setores e laboratórios da companhia do Brasil. Para isso, os Mecanismos 1 e 2 devem ser ajustados nos posicionamentos listados na Tabela 2 para buscar a seleção do “Laboratório” e “Grupo de Aliquotagem” em questão. No restante, os programas das Telas 2, 3 e 4 não demandarão mudança alguma, sendo já totalmente aplicáveis para outras unidades.

Por fim, visando um investimento da companhia aos fornecedores do *LabWare LIMS™*, o terceiro plano consiste na implementação das exibições dinâmicas em módulo pronto no próprio *software* LIMS. Nesse sentido, a ideia é transferir o desenvolvido aos responsáveis pela programação e design do *software* que atendem a companhia para que o acesso e visualização em telas seja automatizado. Dessa forma, haverá a descontinuidade da utilização dos Mecanismos 1 e 2, visto que os bancos de dados estarão já dentro do sistema, não sendo necessário sua extração. Avaliando a vantagem de baixo custo de implementação, a replicação para outros setores e laboratórios torna-se financeiramente viável.

Em um ambiente completamente técnico e crítico, que exige em todos os momentos concentração para quantificar a qualidade de alimentos, todos os esforços dos colaboradores deveriam ser direcionados nos próprios ensaios químico-analíticos desempenhados. Um facilitador e organizador de rotina acessível e visual, como o desenvolvido nesse projeto, poupa tempo e esforços de técnicos químicos na busca e decisão de prioridades, bem como fornece informações importantes e atualizadas de serviços que precisam pontualmente de maior atenção.

VI. BIBLIOGRAFIA

- [1] A. K. Gupta and A.I Sivakumar. “Optimization of due-date objectives in scheduling semiconductor batch manufacturing,” *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, vol. 46, pp. 1671-1679, 2006.
- [2] J. Lintilä and J. Takala. “Reducing Time Losses in Operational Actions of a Food Production Lines,” *Management and Production Enginering*

- Review, vol. 4, no. 2, pp. 78-88, 2013.
- [3] L. V. Beysterveldt, T. Saris, B. Vandeginste and G. Kateman. "LABGEN, expert system for knowledge-based modelling of analytical laboratories: Part 1. Laboratory Organization," *Analytica Chimica Acta*, vol. 222, pp. 1-17, 1989.
- [4] A. V. Hill. *The Encyclopedia of Operations Management*, 1 ed. Ft Press, pp. 107, 2012.
- [5] O. Rose. "Some issues of the critical ratio dispatch rule in semiconductor manufacturing," *Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference*, pp. 1401- 1405, 2002.
- [6] T. Chiang and L. Fu. "Solving the FMS Scheduling Problem by Critical Ratio-Based Heuristics and the Genetic Algorithm. Proceedings," *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, vol. 3, pp. 3131-3136, 2004.
- [7] H. C. Hwang. "An efficient procedure for dynamic lot-sizing model with demand time windows," *Journal of Global Optimization*, vol. 37, pp. 11-26, 2006.
- [8] A. J. R. Torres, J. H. Ablanedo-Rosas and L. D. Otero. "Scheduling with multiple tasks per job – the case of quality control laboratories in the pharmaceutical industry," *International Journal of Production Research*, vol. 50, pp. 1-15, 2010.
- [9] B. P. Prasad. "Trends in laboratory information management system," *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, vol. 118, pp. 187-192, 2012.
- [10] X. Lu. "Development of an Excel-based laboratory information management system for improving workflow efficiencies in early ADME screening," *Bioanalysis*, vol. 8, pp. 99-110, 2016.
- [11] A. N. Tolopko, J. P. Sullivan, S. D. Erickson, D. Wrobel, S. L. Chiang, K. Rudnicki, S. Rudnicki, J. Nale, L. M. Selfors, D. Greenhouse, J. L. Muhlich and C. E. Shamu. "Screensaver: an open source lab information management system (LIMS) for high throughput screening facilities," *BMC Bioinformatics*, vol. 11, 2010.
- [12] E. Anatskiy, D. Ryan, B. A. Grüning, L. Arrigoni, T. Manke and U. Bönisch. "Parkour LIMS: facilitating high-quality sample preparation in next generation," *Bioinformatics*, vol. 15, pp. 1422-1424, 2019.
- [13] G. C. Lee. "Estimating order lead times in hybrid flowshops with different scheduling rules," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 56, pp. 1668-1674, 2009.
- [14] Y. F Hung and I. R. Chen. "A simulation study of dispatch rules for reducing flow times in semiconductor wafer fabrication," *Production Planning & Control*, vol. 9, pp. 714-722, 2010.
- [15] A. Hübl, H. Jodlbauer and K. Altendorfer. "Influence of dispatching rules on average production lead time for multi-stage production systems," *International Journal of Production Economics*, vol. 144, pp. 479-484, 2013.