UNIDADE DE ENSINO SUPERIOR DE FEIRA DE SANTANA – UNEF

Adalberto Gracindo Lima Ribeiro Júnior

First Time Right e Monitoramento Contínuo em Indicadores de Contaminação do Processo da Industria Cervejeira

Feira de Santana

2020

UNIDADE DE ENSINO SUPERIOR DE FEIRA DE SANTANA – UNEF

Adalberto Gracindo Lima Ribeiro Júnior

First Time Right e Monitoramento Contínuo em Indicadores de Contaminação do Processo da Industria Cervejeira

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de graduação em Engenharia Química na Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana como requisito à obtenção do título de Engenheiro Químico.

Aluno: Adalberto G. Lima Ribeiro Júnior

Orientador: Prof. Me. Vanessa Gomes de Matos

Feira de Santana

2020

“Na vida, existem outras coisas para além de cerveja, mas a cerveja faz essas outras coisas parecerem ainda melhores. ”

- Stephen Morris

RESUMO

A questão de contaminação alimentícia na indústria é uma problemática já discutida há muito tempo, porém com muito ainda a ser tratado, sobretudo pela especificação de cada tipo de produto e de cada processo subsequente. Para a produção cervejeira, não é diferente. Existe uma gama de esforços desenvolvidos e empregados com o intuito de não permitir que microrganismos indesejados modifiquem a cerveja ao longo de seu processo produtivo, impactando diretamente na qualidade do produto final. Algumas industrias utilizam os conceitos de *First Time Right* (Primeira vez correta, ou FTR) como indicadores para visualização de resultados de produção, desde volume produzido, até percentual de contaminações. Ao longo do estágio desenvolvido em uma das cinco maiores cervejarias da América Latina, em Alagoinhas (município brasileiro do estado da Bahia), com produção mensal média de 620 mil hectolitros, pode-se observar muito deste processo de verificação e mapeamento, sobretudo no indicador de FTR Micro, indicador esse que é responsável por medir os percentuais de contaminação na cervejaria, desde a fermentação até o produto acabado. Houve um grande esforço voltado para este FTR em particular devido a um período de resultados significativamente ruins no ano de 2019, sobretudo nas adegas de pressão, o que levou a criação de ferramentas descritas a seguir. Para um melhor entendimento e uma melhor tratativa da situação, foram necessários também estudos voltados para a própria produção cervejeira, observando ao longo do processo quais oportunidades de impactar positivamente nos resultados e na qualidade do produto. Algumas delas serão bastante discutidas, sobretudo o monitoramento de rotinas de limpeza e sanitização, e o devido cumprimento de padrão de processo. Ao longo do trabalho realizado foram possíveis identificar alguns dos microrganismos mais proeminentes nas análises dos tanques de fermentação assim como propor melhores tratativas e correlação de resultados com outras ações do dia-a-dia da cervejaria que podem demonstrar impactos positivos, ou negativos dependendo de suas realizações.

Palavras chave: contaminação, indústria cervejeira, microbiologia cervejeira, monitoramento continuo, first time right, TPM, total productive maintenance.

ABSTRACT

The issue of food contamination in the industry is a problem that has been discussed for a long time, but with much still to be addressed, especially by specifying each type of product and each subsequent process. For beer production, it is no different. There is a range of efforts developed and employed with the aim of not allowing unwanted microorganisms to modify the beer throughout its production process, directly affecting the quality of the final product. Some industries uses the concepts of First Time Right (first time correct, or FTR) as indicators for visualizing production results, from the volume produced to contamination percents. Throughout the internship developed in one of the five largest breweries in Latin America, in Alagoinhas, Brazil, with an average monthly production of 620 thousand hectoliters, it was possible to observe much of this verification and mapping process. Especially in the FTR Micro indicator, an indicator that is responsible for measuring the percentage of contamination in the brewery, from fermentation to the finished product. There was a great effort towards this particular FTR due to a period of significantly poor results in 2019, especially in the pressure cellars, which led to the creation of tools described below. For a better understanding and a better treatment of the situation, studies were also needed focused on the beer production itself, observing along the process which opportunities to positively affect the results and the quality of the product. Some of them will be more discussed, especially the monitoring of cleaning and sanitation routines, and due compliance with the process standard. Throughout the work carried out, it was possible to identify some of the most prominent microorganisms in the analysis of fermentation tanks as well as to propose better treatments and correlation of results with other daily actions of the brewery that can demonstrate positive or negative impacts depending on their achievements.

Keywords: contamination, brewing industry, brewery, ftr, brewing microbiology, beer production, pressure cellars, continuous monitoring, first time right, TPM, total productive maintenance.

DICIONARIO DE ABREVIATURAS, SIGLAS E TERMOS

FTR	*First Time Right* - fazer certo da primeira vez.
TPM	*Total Productive Maintenance* - manutenção produtiva total.
CILT	*Cleaning, Inspection, Lubrification and Tightening* - limpeza, inspeção, lubrificação e aperto.
VIGIA+	Nome de uma das ferramentas desenvolvidas no trabalho.
CILT Management	Nome da segunda ferramenta desenvolvida.
Reinheitsgebot	Lei da pureza alemã de 1516.
Lager	Estilo de cerveja de baixa fermentação.
Saccharomyces cerevisiae	Levedura mais comumente utilizada na produção de cerveja.
Humulus lupulus	Espécie de erva da família *Cannabaceae* comumente utilizada para conferir amargor e aroma a cervejas.
Mash-out	Inativação enzimática através de elevação de temperatura, saída de brassagem.
TFM	Tanque fermentador/maturador.
BBT	*Bright Beer Tank* – Tanque de cerveja clara, maturada
sarcina-sickness	Doença da Sarcina, causada por bactérias gram-positivas filamentosas.
Off-Flavor	Defeitos aromáticos encontrados em cervejas.
LPS	Lipopolissacarideo.
Headspace	Volume acima da capacidade útil de um tanque.
NBBA	*Nachweismedium fur Bierschadliche Bakterien Agar* – Agar para detecção de bactérias deteriorantes de cerveja.
NBBC	*Nachweismedium fur Bierschadliche Bakterien Concentrate* - Agar para detecção de bactérias deteriorantes concentrado.
WLN	*Wallerstein Nutrient Agar*- Meio de cultura nutriente Agar.
Power BI	*Power Business Inteligence* – Ferramenta Microsoft para análise de dados e criação de dashboards inteligentes
MS Teams	Ferramenta Microsoft para gestão de agenda e comunicação.

INDICE

1. **INTRODUÇÃO** 9
2. **OBJETIVOS** 10
   - **2.1 Objetivos Gerais** 10
   - **2.2 Objetivos Específicos** 10
3. **REFERENCIAL TEORICO** 11
   - **3.1 Produção da Cerveja** 12
     - **3.1.1** Mostura 12
     - **3.1.2** Fervura 14
     - **3.1.3** Fermentação 15
     - **3.1.4** Maturação 16
   - **3.2 Contaminantes de Cerveja e seus Off-flavors** 17
     - **3.2.1** Gram Positivas 17
     - **3.2.2** Gram Negativas 18
4. **METODOLOGIA** 18
   - **4.1 Analise de amostras de BBT** 19
   - **4.2 Meios de Cultura** 22
     - **4.2.1** NBBC 22
     - **4.2.2** NBBA 22
     - **4.2.3** WLN e WLN-D 23
   - **4.3 Tratamento de amostras** 24
   - **4.4 Análise e Gestão de Rotinas de CILT** 25
5. **RESULTADOS E DISCUSSÃO** …….25
   - **2 5.1 CILT Management** 26
   - **5.2 VIGIA+** …….27
     - **5.2.1** Overview ….....27
     - **5.2.2** View of Product 29
     - **5.2.3** Informativos**,** Gram +, Gram - e Levedura Selvagem 30
6. **CONCLUSÃO** 35
7. **BIBLIOGRAFIA** 36
8. **ANEXOS E TABELAS** 37

1. INTRODUÇÃO

A produção cervejeira é tão antiga quanto a própria humanidade. Os primeiros registros de produções de cervejas, ou fermentados semelhantes datam de mais de 6000 anos atrás, quando a fermentação ainda acontecia por vias espontâneas e dependia da contaminação de um dado carboidrato por leveduras selvagens para que o processo se iniciasse. Milhares de anos depois, o homem passa a ter controle dessa produção, a fermentação passa a acontecer sob o comando e as condições mais variadas exigidas pela indústria. Desta forma contaminação externa passa a ser um ponto crítico de controle, e não algo intrínseco ao processo.

Para toda indústria, padronização é o ponto chave para a construção de uma produção viável, sendo que para que esta aconteça, é necessário um controle de parâmetros, dentre eles dosagens, volumes de soluto e solvente, tempos, temperaturas, condições de armazenagem e de processamento. Na indústria cervejeira não é diferente, porém, dentre as produções de bens de consumo, a indústria cervejeira destaca-se na necessidade de controle microbiológico ao longo de todo o processo de produção, do recebimento de matéria prima até a entrega do produto acabado. Essa preocupação se deve ao grande número existente de microrganismos com potencial deteriorante que podem afetar o produto em suas diversas etapas de produção, gerando subprodutos desagradáveis, inviabilizando completamente a produção, acelerando o envelhecimento do produto ou, em alguns casos, colocando em risco a saúde do consumidor. Os procedimentos padrões para esse tipo situação puderam ser observados ao longo de dois anos de estágio desenvolvidos em uma cervejaria multinacional, onde houve particularmente um grande trabalho realizado no mapeamento, prevenção e mitigação de contaminações severas do processo cervejeiro, utilizando inclusive ferramentas desenvolvidas com o propósito de auxiliar e correlacionar os percentuais de contaminação encontrados com o cumprimento ou descumprimento dos padrões adotados pela política de qualidade da empresa, sobretudo na realização de limpezas, rotinas de sanitização e inspeção. Os resultados destes esforços, assim como as ferramentas desenvolvidas serão elucidados no trabalho aqui descrito.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

- Demonstrar através desse estudo parte dos trabalhos realizados em uma cervejaria de grande porte no mapeamento de contaminações do processo cervejeiro.

2.2 Objetivos específicos

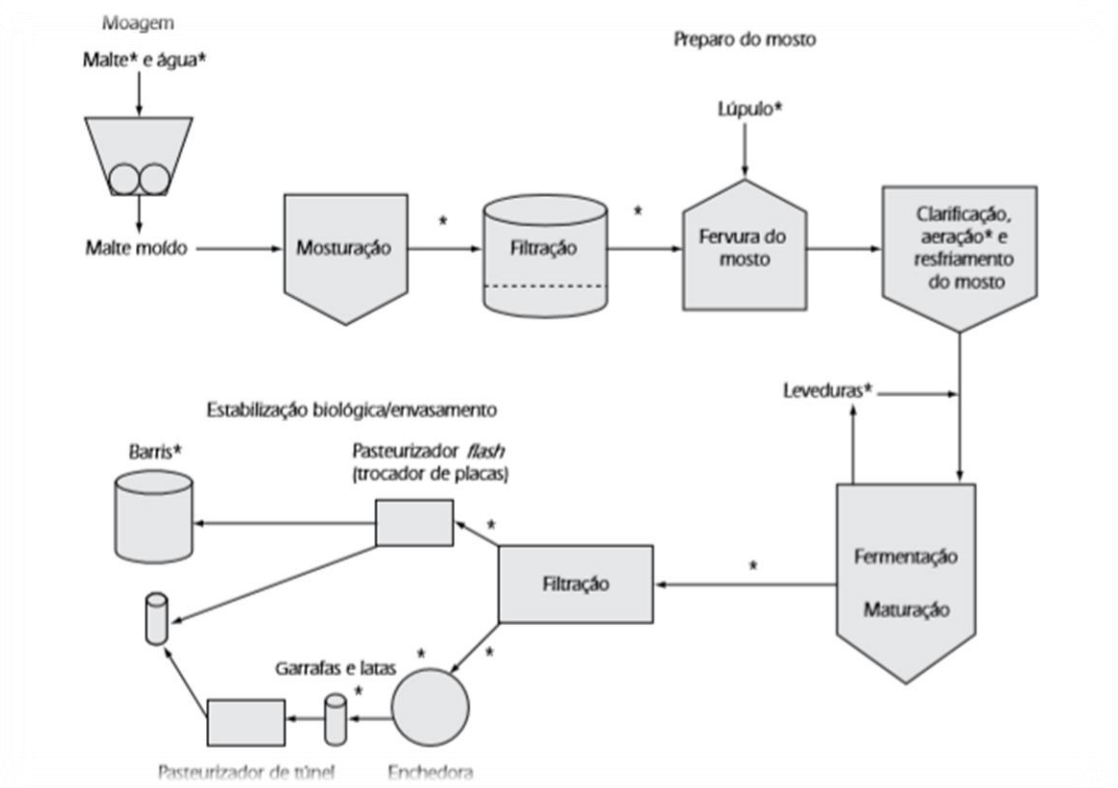
- Apresentar as ferramentas desenvolvidas para com foco no monitoramento de rotinas de limpeza e inspeção, *CILT Management* e *VIGIA+*;
- Desenvolver o estudo de caso, correlacionando os percentuais de contaminação e o cumprimento de padrão e rotinas do processo, através dos diversos resultados encontrados nas ferramentas, e nas amostras de contaminantes coletadas ao longo do ano de 2019;

3. REFERENCIAL TEORICO

É importante para uma melhor abordagem da problemática de contaminações cervejeiras, ter um bom embasamento do processo produtivo, assim como conhecer um pouco sobre as particularidades dessa bebida como um todo. Se desconsiderarmos a água, a cerveja é atualmente a terceira bebida mais consumida no mundo, perdendo apenas para a chá e café. Stone (2014) relata que, no Brasil, esse consumo é equivalente ao de bebidas não alcoólicas como refrigerantes, levando em consideração que se trata de uma bebida que só deve ser consumida, por lei, após os 18 anos de idade. Desta forma, uma bebida tão tradicionalmente consumida mundialmente, é natural que venha a absorver particularidades de cada local em que é produzida, assim como traduza em seu sabor as características desejadas pelo cervejeiro. Temos então, uma bebida produzida a partir de grãos de cereais, em sua maioria maltados, que serão fermentados por uma das centenas de variações da levedura *Saccharomyces cerevisiae,* assim como será unida com algumas das milhares de variações de *Humulus lupulus*, a flor que através da isomerização de alfa ácidos propicia o amargor da bebida. Essas características variam bastante para cada tipo de cerveja, com alterações significativas causadas até mesmo pelo tipo de água utilizado na elaboração da receita, como é relatado por Eumann (2012). Para Palmer (2013) a água é considerada fator decisivo para a obtenção da cerveja, não só por esta representar cerca de 95% da composição da cerveja, mas principalmente devido aos íons dissolvidos (dureza de água), alguns sendo totalmente representativos para determinados estilos de cerveja, outros determinantes para que ocorra de fato a fermentação, como o zinco por exemplo. Já outras receitas se caracterizam pela quebra da chamada *Reinheitsgebot,* a lei da pureza alemã, promulgada pelo duque Guilherme IV da Baviera, em 23 de abril de 1516, e definindo a cerveja como uma bebida formada somente por água, malte, lúpulo e levedura. Hoje, pode-se encontrar cervejas com os mais diversos ingredientes, e processos produtivos, porém iremos nos atentar ao modo de produção de *Light Lagers*, cervejas de baixa fermentação (onde as leveduras se concentram

no fundo dos tanques), mais límpidas, menos lupuladas e de baixo teor alcoólico. No Brasil, especialmente, as *Lagers* tendem a exercer um certo domínio de mercado, sendo consumidas a temperaturas baixíssimas com o intuito de aplacar a cede e o calor tropical da região e mascarar possíveis *off-flavors,* como o diacetil*,* decorrentes da própria produção, comumente caracterizadas pelo uso de milho e arroz (adjuntos não maltados, sem valina e mais sensíveis a mudanças de pH no aumento de temperatura). Em vários países, a substituição parcial do malte por adjuntos na fabricação de cervejas é permitida por lei (Sleimann et al, apud Venturini, 2010), visto que, estes adjuntos apresentam menores custos de produção em relação ao malte (Venturini, 2000)**.**

3.1 PRODUÇÃO DE CERVEJA



Anexo 1: Fluxograma de produção cervejeira de acordo com a cervejaria referencial.

3.1.1 Mosturação

A primeira etapa de produção de cerveja, logo após o recebimento do malte é a Moagem, que nada mais é do que o retrabalhamento dos grãos, para a exposição do endosperma onde se encontra o amido e as enzimas estimuladas pela malteação (Buttrick, 2012). Segundo Brandão et al (2006), é necessário a manutenção da porção insolúvel do malte intacta, ou seja, as cascas dos grãos, pois estas servirão como parte do elemento filtrante, nas chamadas Tinas Filtro. Após a moagem, o malte moído é inserido em água quente, obedecendo rampas de temperatura para ativação enzimática sob recirculação. A média de temperatura para esse início de produção é de 60º C antes da inserção do malte, estabilizando para 55º C, por 10 a 15 minutos, no chamado descanso proteico. Essa temperatura é particularmente importante para gelatinização do malte e para a ativação das proteases, sobretudo a peptidase. Essas e outras enzimas, como alfa e beta amilase serão as responsáveis por quebrar o amido em monossacarídeos, açucares com maior percentual fermentativo que servirão de alimento para as leveduras (Kley, 2019). Outros perfis cervejeiros podem requerer ações enzimáticas diferentes, com rampas e pH específicos, como ressalta Brandão et al (2006), de acordo com um perfil de temperaturas controlado pelo mestre cervejeiro, essas enzimas irão hidrolisar os polímeros presentes no amido, os decompondo em dextrinas, monossacarideos, dissacarideos e trissacarídeos, e as proteínas em peptídeos e aminoácidos.

Enzima	Faixa de Temperatura Ótima	Faixa de pH Ótimo	Atuação
Fitase	30-52°C	5,0-5,5	Diminuição do pH de mostura
Debranching	35-45°C	5,0-5,8	Solubilização do amido
Beta-Glucanase	35-45°C	4,5-5,5	Quebra dos glucanos
Peptidase	45-55°C	4,6-5,3	Produção amino-nitrogenosa livre
Protease	45-55°C	4,6-5,3	Quebra de proteínas turvativas
Beta Amilase	55-65°C	5,0-5,5	Produção da maltose
Alfa Amilase	68-72°C	5,3-5,7	Produção de glicoproteínas estabilizantes de sabor e maltose

Tabela 1: Tabela de faixas de temperatura e pH ótimos para atuação das principais enzimas.

Em seguida, a temperatura é elevada em média para 65ºC, permanecendo por cerca de 50 minutos, até a inativação enzimática, ou *mash-out*. Até esse ponto, as análises químicas desenvolvidas são em sua maioria qualitativas ou visando parâmetros como quantidade de extrato dissolvido, ou açúcar diluído no mosto, pH e teste de iodo. Isso porque, o mosto ainda passará por uma etapa de fervura, alcançando temperaturas superiores a 85ºC e consequentemente sendo esterilizado.

3.1.2 Fervura

A etapa de fervura tem como principal função a eliminação de excesso de água residual do mosto, esterilização do mosto e isomerização do lúpulo

(Trosset, 2016). É através da isomerização que se consegue remover os aromas e amargor presentes nos óleos essenciais do lúpulo. A dosagem de lúpulo costuma acontecer em duas etapas. Uma com menos tempo de fervura, em média 10 minutos após o início da fervura com foco no amargor da cerveja. A segunda dosagem é feita em média nos 15 minutos finais de fervura, visando uma maior concentração das substancias voláteis do lúpulo. É importante salientar que o lúpulo possui uma propriedade bastante importante para a manutenção da estabilidade bacteriológica da cerveja, esta propriedade, ou bacterioestaticidade, deve-se a presença de alfa-ácidos. Estes no mosto propiciam um leve efeito antibiótico contra bactérias Gram-positivas, e favorecem a atividade exclusiva da levedura durante a fermentação da cerveja. Neste ponto, sempre deve-se coletar uma amostra para medição de extrato final da cerveja, que indica o quanto de açúcar foi solubilizado, assim como o pH final de mostura. Esta mesma amostra é resfriada analisada em lamina com o intuito de observação e comprovação de que o mosto se encontra estéril.

Próximo passo é o resfriamento rápido da cerveja. Esse resfriamento deve ocorrer rapidamente não só por questão produtivas, mas também por conta de ação bacteriana, visto que o mosto chega a temperaturas bastante suscetíveis a contaminação e desenvolvimento de bactérias, entre 5 e 12ºC. Outro ponto é a estabilização de compostos turvadores e clarificação do mosto, já que estas partículas decantam com maior facilidade em temperaturas mais baixas e ao serem submetidas a tratamento brusco de temperatura, facilitando a clarificação do mosto pré-filtração.

3.1.3 Fermentação

A etapa de fermentação é sem dúvidas a etapa mais importante da produção cervejeira, e a que demanda mais cuidados. Visto que, o controle microbiológico no tanque fermentador (ou TFM) deve permitir que a levedura transforme o açúcar proveniente do malte em álcool, gás carbônico e outros subprodutos sem que haja competição microbiológica. Philliskirk (2010) relata que presença de contaminantes nessa etapa pode facilmente inviabilizar toda uma produção. Um bom exemplo são as contaminações por bactérias acéticas, que transformarão todo o álcool produzido pela levedura durante a fermentação

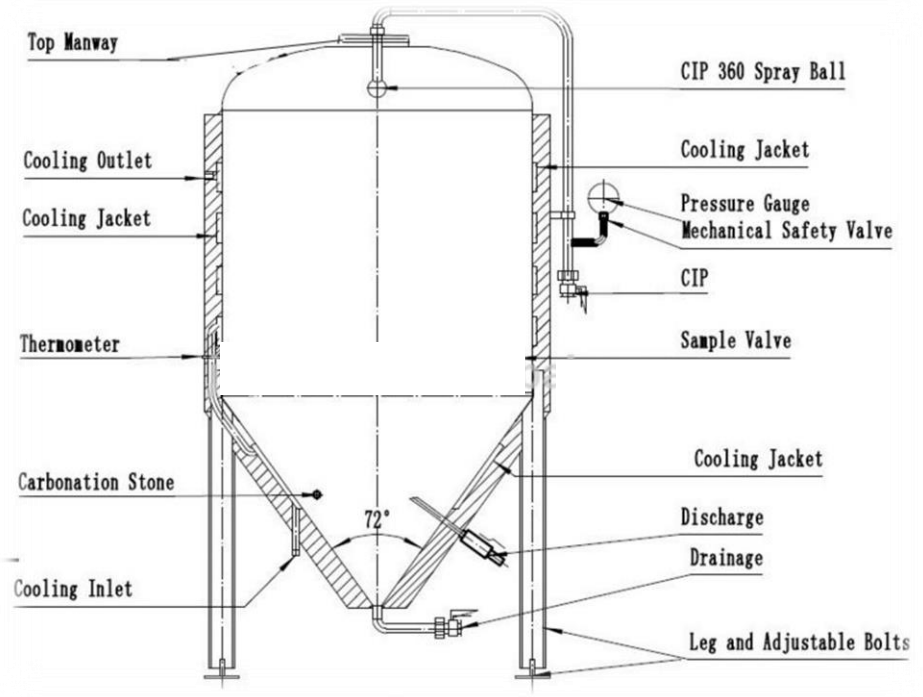
alcoólica em ácido acético, gerando um dos piores off-flavor a serem encontrados em uma cerveja. Além desta, ocorre o risco de competição microbiológica entre leveduras com a inserção de um indivíduo selvagem, que além de alterar completamente o perfil cervejeiro, também pode possibilitar uma mutação entre as cepas, gerando uma perda enorme em dinheiro e em levedura.

Nesta etapa, a levedura é inserida no tanque fermentador, após hidratação em tanque hidratador/propagador. Esse tanque em especial tem como objetivo a multiplicação de células através da dosagem de pequenas quantidades de mosto para uma proporção muito maior de leveduras, possibilitando uma fermentação mais rápida e com maior velocidade de consumo de subprodutos, como o diacetil e o dimetilsulfeto. Tanto o fermento dosado quanto o mosto frio pré e pós início de fermentação são recolhidos para análise.

3.1.4 Maturação

A maturação da cerveja, é a etapa principal para o trabalho aqui realizado. Visto que foi exatamente nesta etapa em que a maioria dos resultados ruins de contaminação foram encontrados. Neste ponto, a cerveja tende a ter pouco carboidrato dissolvido, a fermentação primaria já foi finalizada, porém, as temperaturas em que o líquido é armazenado facilitam muito a possibilidade de contaminação. Os tanques em que a cerveja é armazenada nessa etapa são os chamados *Bright Beer Tanks* (BBT, tanques de cerveja clara, anexo 1), tem como objetivo principal proporcionar o reconsumo das substancias produzidas ao longo da fermentação, e que em sua maioria não são tão agradáveis ao paladar, como o diacetil, que gera um off-flavor normalmente relacionado com o sabor de mel, (ou o aroma de manteiga rançosa em temperaturas mais elevadas), e que geralmente está relacionado com a maturidade da cerveja. Segundo Vanderhaegenn (2006), a cerveja nesta etapa se dividirá em *Green beer* (verde, jovem) e pronta para consumo, atenuada, maturada. É nessa etapa também em que o CO_2 da cerveja passa a ser produzido em maior quantidade, o que também possibilita a contaminação por bactérias anaeróbicas ou aerotolerantes. A temperatura de maturação, em média de 12 a 20ºC, em ambiente confinado e estacionário torna a cerveja particularmente suscetível a

contaminações anaeróbicas e anaeróbicas estritas, principalmente por *Lactobacillus* e outras bactérias gram-positivas. A situação ainda foi bastante agravada na cervejaria por conta de obras de expansão produzidas nas adegas, o que pode ter afetado e muito as coletas de cerveja maturada.



Anexo 2: Modelo de Bright Beer Tank utilizado na cervejaria, fabricado pela Jinan Rainbow Machinary.

3.2 CONTAMINANTES DE CERVEJA E SEUS OFF FLAVOURS

As bactérias encontradas no processo de elaboração da cerveja podem ser classificadas de acordo com sua forma, presença ou não de flagelos, aspectos estruturais e características bioquímicas, ou ainda através de técnicas de coloração (DRAGONE et al., 2007 apud BRIGGS et al., 2004; HOUGH et al., 1982). Dentre estas técnicas, uma das mais importantes e mais amplamente utilizadas em microbiologia é o método de Gram, em que as bactérias são coradas e então classificadas em dois grupos, gram-positivas e gram-negativas.

3.2.1 Gram-positivas

São microrganismos imóveis com complexos requerimentos nutricionais e capacidades respiratórias limitadas, sendo sua multiplicação favorecida em

condições microaerofílicas, como as encontradas em adegas cervejeiras, e ocasionalmente anaeróbias. A multiplicação de algumas espécies é estimulada pela presença de CO_2. (DRAGONE et al., 2007 apud PRIEST, 1996)

Desta forma, as adegas se mostram um ponto ótimo para o desenvolvimento de bactérias, sobretudo as chamadas bactérias ácido-lácticas. Aproximadamente 70% dos problemas por contaminação da cerveja são causados por bactérias ácido-lácticas. (DRAGONE et al., 2007 apud IIJIMA et al., 2007; SUZUKI et al., 2006a; SUZUKI et al., 2006).

Em termos do efeito deteriorante nas cervejas, sabe-se que as bactérias ácido lácticas causam turbidez, acidez (*Lactobacillus*) e odores desagradáveis devido à formação de vários produtos metabólicos. (DRAGONE et al., 2007). O diacetil (2,3-butanodiona) e a 2,3-pentanodiona são dois dos *off-flavors* mais comuns encontrados devido a ação destes microrganismos, além da *sarcina-sickness* causada por bactérias filamentosas, formando uma película na superfície do tanque e dando a cerveja um comportamento mais viscoso.

3.2.2 Gram Negativas

As bactérias Gram-negativas têm como principal característica a endotoxina Lipopolissacarideo (LPS) que é causadora das tão associadas doenças e patogenicidades, ou seja, são comumente associadas a problemas de saúde humana, quando contaminantes. (HELANDER et al., 2004).

Dos membros nesse grupo, destacam-se os deteriorantes da cerveja, que abrangem diversas espécies de bactérias pertencentes a vários gêneros. Dentre estes, os mais importantes incluem as bactérias dos gêneros *Pectinatus*, *Megasphaera* e *Acetobacter*, este último muito associado a produção de ácido acético na cerveja, com um aroma de vinagre e um sabor azedo, com pH's ainda mais baixos do que os comumente associados a cerveja.

4. METODOLOGIA

Os dados foram compilados ao longo do processo de estágio realizado na cervejaria, entre o período de março de 2019 e junho de 2020, onde o projeto foi desenvolvido em duas frentes principais, uma com foco no monitoramento de

rotinas de limpeza, sanitização, inspeção e trocas, e suas devidas programações ao longo do período, e outra desenvolvida no monitoramento dos percentuais de contaminação, e coleta de dados da área das adegas, nos *Bright Beer Tanks*, ou BBT. As amostras foram coletadas pelos microbiologistas e analistas da qualidade, e tratadas seguindo a política de qualidade da empresa.

Para início do trabalho, foram delimitados os pontos principais de atuação seguindo a metodologia de FTR na seguinte ordem:

1) Definição de área foco;
2) Recolha de amostras;
3) Tratamento de amostras;
4) Meios de cultura utilizados;
5) Revisão de procedimento operacional;
6) Eliminação de pontos mortos.
7) Analise, gestão e revisão das rotinas de limpeza, sanitização, inspeção e troca (CILT);
8) Elaboração das ferramentas de monitoramento.

Tendo a área foco sendo definida como as Adegas de pressão o trabalho pode seguir para as análises e tratamento das amostras provenientes dos BBT.

4.1 Análise de amostras de BBT

Os primeiros dados recolhidos visaram contabilizar o número de contaminações semanais encontradas por BBT, sendo estas divididas em aeróbicos, anaeróbicos e NBBC (*Nachweismedium fur Bierschadliche Bakterien Concentrate*), que possui esse nome devido ao meio de cultura utilizado para contabilização qualitativa de turbidez de amostra. Essas amostras são coletadas diariamente (50% dos tanques cheios no mínimo) seguindo o procedimento operacional, onde o analista deve:

- Munido de vaso estéril de 250 ml, detergente neutro a 3% (Extran), maçarico e álcool a 70%, o analista deve iniciar o procedimento, inspecionando as condições visuais da torneira de prova do tanque;

- Tendo as condições visuais aceitáveis (sem sujidades aparentes, incrustações), deve-se permitir escorrer um pouco da cerveja maturada pela torneira de prova;
- Em seguida, lavar a torneira de prova com solução de detergente neutro a 3% e água destilada;
- Borrifar álcool 70% na abertura da torneira, bocal, válvula e corpo;
- Flambar com maçarico a torneira de prova;
- Realizar a coleta, mantendo a chama do maçarico acesa durante toda a coleta, a aproximadamente 20 cm de distância da torneira, enchendo o vaso estéril sem *headspace;*
- Manter amostra resfriada até a analise (4 a 10ºC) em laboratório de microbiologia.

Anexo 3: procedimento operacional de coleta de amostras da cervejaria, antes.

Esse procedimento é considerado o padrão para a coleta sem que o meio externo interfira na amostra. Porém, com a necessidade de eliminar completamente esse risco, principalmente por conta das obras constantes desenvolvidas na área das adegas, o procedimento passou a ser realizado via septo e seringa, sendo assim:

- O analista deve iniciar o procedimento, inspecionando as condições visuais do ponto de coleta do tanque;
- Tendo as condições visuais aceitáveis (sem incrustações e sujidades aparentes, restos de levedura ou cerveja), deve-se iniciar a lavagem externa do ponto de prova com solução de detergente neutro a 3% e água destilada;
- Borrifar álcool 70% na abertura do ponto;
- Flambar com maçarico o ponto;
- Remover a porca do ponto, borrifando álcool a 70% diretamente sob o septo;
- Inserir a agulha da seringa estéril antes no septo do frasco estéril e depois no septo do tanque;
- Manter amostra resfriada até a analise (4 a 10ºC) em laboratório de microbiologia.

Anexo 4: procedimento operacional de coleta via septo nos BBT da cervejaria, pós revisão de procedimento operacional.

Após coletada, a amostra é devidamente catalogada e armazenada sob resfriamento até o momento da inoculação em meio de cultura.

4.2 Meios de Cultura

Os meios de cultura, segundo Diniz (2018) são insumos preparados em laboratórios, capazes de criar um meio artificial de obtenção de nutrientes para proporcionar o crescimento e desenvolvimento de microrganismos. Algo então desenvolvido com o intuito de replicar em meio laboratorial as condições ideais para a replicação de um dado microrganismo (como bactérias e fungos) fora do seu habitat natural, de forma que este se adeque perfeitamente ao seu processo industrial. Os meios utilizados variam com o tipo de amostra, porém tratando-se de amostras de cerveja filtrada provenientes da adega, os mais utilizados são o NBBA (*Nachweismedium fur Bierschadliche Bakterien Agar*), o NBBC (*Nachweismedium fur Bierschadliche Bakterien Concentrate*), WLN e WLN-D (*Wallerstein Nutrient Agar* e *Wallerstein Nutrient Different Agar*).

4.2.1 NBBC

O NBBC (*Nachweismedium fur Bierschadliche Bakterien Concentrate*) é um meio líquido concentrado parcialmente seletivo utilizado para o cultivo e detecção qualitativa de bactérias deteriorantes de cerveja, através da análise de turvação do meio de cultura após a inoculação. É um meio determinante quando se trata de microrganismos contaminantes gram-negativos anaeróbicos, principalmente os gêneros *Pectinatus* e *Megasphaera*, que são deteriorantes da cerveja, produzindo *off-flavors* como o Sulfeto de Hidrogênio, e que geralmente não são detectadas por plaqueamento. Composto basicamente por cerveja e mosto concentrado, com adição de actidiona e levedura turva, é aplicável a todas as amostras liquidas da cervejaria, incluindo água, porém é particularmente utilizada em produto acabado e cervejas recém maturadas e filtradas. A inoculação se dá sob condições estritamente anaeróbicas e temperaturas de 29 a 31ºC por 11 dias. Após esse período, a analise se dá pela presença de turbidez, onde a ausência desta, caracteriza não contaminação, e a presença, contaminação. Caso haja contaminação, a amostra deve passar por exame microscópico para identificação do contaminante, com especial atenção para

bastões claramente moveis, que podem representar o *Pectinatus* assim como cocos grandes que podem significar presença de *Megasphaera*.

4.2.2 NBBA

O NBBA (*Nachweismedium fur Bierschadliche Bakterien Agar)* é um meio de cultura para cultivo de todas as bactérias associadas a degradação cervejeira, assim como um meio indicador de higiene. Sua composição é principalmente cerveja, mosto e clorofenol vermelho (que fica amarelo em meio ácido), o que torna o meio ideal para bactérias acéticas e *lactobacillus*. Esse meio pode se tornar mais seletivo pela adição actidiona, para supressão do crescimento de células de levedura na amostra e 2-feniletanol para supressão de bactérias gram negativas. As placas de NBBA são incubadas por 5 dias, entre 29 e 31ºC sob condições anaeróbicas.

4.2.3 WLN e WLN-D

O WLN, ou mWLN (*Wallerstein Nutrient Agar)* é usado sobretudo como um indicador geral de higiene, demonstrando através de uma incubação curta, de cerca de 3 dias, os níveis de contaminação local, principalmente aeróbicas e anaeróbicos aerotolerantes. Composto por glicose, peptona de caseína, Agar, extrato de levedura e verde de bromocresol. Assim como o NBBA, pode ocorrer adição de actidiona com o intuito de inibir a reprodução de levedura na amostra. Segundo Angelis (2006), para minimizar o crescimento bacteriano é indicado a utilização de antibióticos, nesse caso a adição de ácido nalidixico com ampicilina, assim como verde de bromocresol para indicação de pH.

4.3 Tratamento de amostras

A seleção das amostras que compõe o trabalho se deu por uma necessidade da própria cervejaria de tratar um ponto focal de contaminação do processo. Dentro do indicador de FTR Micro, encontram-se as amostras de todas as etapas de produção, divididas em FTR Micro *Fermentation* (fermentação), FTR Micro BBT (Maturação), FTR Micro *Tunnel Pasteurised Product* (produto

pasteurizado) e FTR Micro *Hygienically Packaged Product* (produto higienicamente envasado). Este indicador é lido de forma que quanto mais próximo de 100%, menos contaminações. Proporcionalmente, o único indicador abaixo de 70% foi o indicador de BBT, sendo que os indicadores de envase permaneceram ao longo do ano de 2019 com a média de 100%, enquanto BBT teve 55,9% ao longo do ano.

JANEIRO	54,5%
FEVEREIRO	80,2%
MARÇO	78,4%
ABRIL	73,2%
MAIO	38,3%
JUNHO	16,6%
JULHO	30,0%
AGOSTO	39,9%
SETEMBRO	66,7%
OUTUBRO	65,7%
NOVEMBRO	73,8%
DEZEMBRO	53,9%

Tabela 2: Resultados mensais de FTR Micro BBT em 2019.

As amostras foram contabilizadas e subdivididas nas categorias de anaeróbio, aeróbio e NBBC. Nos grupos de aeróbio e anaeróbio houve a separação dessas amostras em grupos de bactérias gram positivas, gram negativas e leveduras selvagens, contendo destes grupos os subgrupos pertencentes as bactérias. Todos os dados foram compilados na ferramenta apelidada de VIGIA+, criada via Power BI, unindo estas informações ao segundo foco do trabalho, que foi a contabilização e gestão das rotinas de limpeza.

4.4 Análise e Gestão de Rotinas de Limpeza, Inspeção, Lubrificação e Troca (CILT)

Sendo o CILT (do inglês, *cleaning inspection lubrication tightening*) o indicador, que entre outras funções, programa e mede os índices de sanitização e limpeza da cervejaria, está diretamente ligado ao primeiro foco do trabalho. Visto que a realização incorreta, ou não realização das rotinas de limpeza, sanitização e troca de uma cervejaria impactam diretamente nos seus indicadores de contaminação. Segundo Coelho (2014) a carga microbiana contaminante no produto acabado é o somatório dos microrganismos

provenientes da matéria-prima e daqueles que são adicionados ao produto ao longo das etapas do processo, devido ao contato com superfícies, equipamentos, operadores, e fatores ambientais desfavoráveis, incluindo a atmosfera ambiente. Dessa forma, a sanitização e limpeza, nos devidos padrões físicos e químicos, assim como nos períodos corretos são extremamente necessários para a manutenção da qualidade do produto. Na cervejaria, as rotinas de limpeza e sanitização são frutos do plano de qualidade da empresa (anexo 16), onde se encontram os padrões exigidos, assim como seus períodos de realização, levando em conta a natureza química do sanitizante, a necessidade de realização do processo e a resistência material do equipamento. Como forma de controle da periodicidade e padrão destas rotinas, a cervejaria utilizava o método de criação de livros de rotina, que nada mais eram que *check-lists* divididos por área do processo. Esses livros precisavam ser repostos com frequência, após serem preenchidos, e arquivados como documentos oficiais. Porém esse processo de reposição e arquivamento frequentemente geram perdas de dados, tendo em vista que a periodicidade das rotinas varia de rotinas diárias até rotinas anuais, fazendo assim com que as rotinas sejam realizadas fora da periodicidade, tanto em excesso quanto em deficiência.

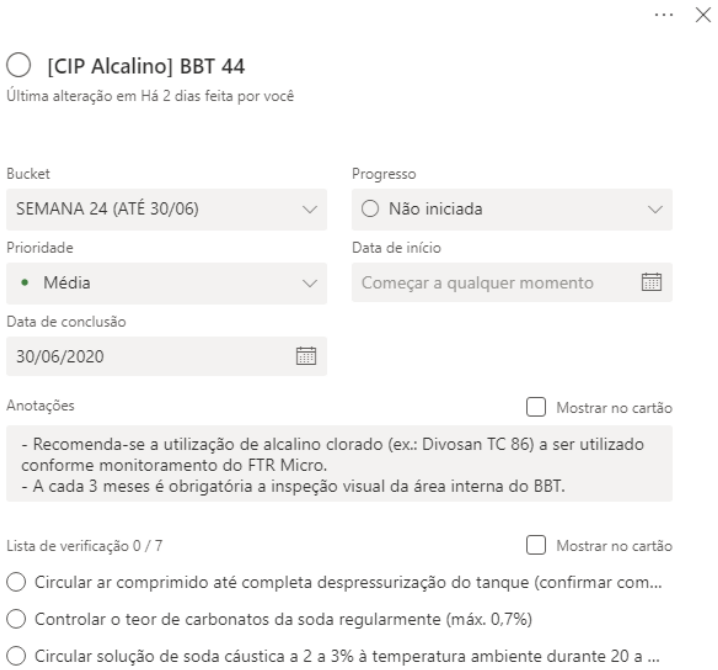
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como forma de gestão eficiente, foi necessário a criação de um banco de dados virtual, capaz de compor todas as rotinas, de todos os equipamentos, de todas as áreas do processo cervejeiro, com seus devidos *check-lists*, e que pudesse ser diretamente acessado pela operação, e mais facilmente contabilizado pelos analistas. A ferramenta em questão foi o CILT Management, criado utilizando a ferramenta de gestão e criação de cartões dentro do Microsoft Teams. As ferramentas foram desenvolvidas por mim como parte do projeto de estágio, com auxílio dos grupos de Kaizen FTR Micro e Comite de FTR da cervejaria. Como forma de teste, a ferramenta foi desenvolvida num software anterior, utilizando a área da Filtração da cervejaria como piloto, porém utilizando um software que não fazia parte do banco de ferramentas legalizadas pela cervejaria, e como forma de proteção de dados e segurança da informação,

acabou sendo descontinuada até ser recriada utilizando o Microsoft Teams, como demonstrado no anexo 5. Atestada a eficiência do controle, coube a este trabalho replicar a ferramenta para todas as áreas do processo cervejeiro, sobretudo com foco nas adegas.

5.1 CILT Management

A ferramenta consiste na criação de cartões de rotina, contendo o procedimento operacional da limpeza a ser realizada, sendo inserido numa coluna com todas as rotinas a serem realizadas ao longo da semana pela operação.



Anexo 5: Exemplo de cartão de rotina presente na programação do CILT *Management* semanal.

Os cartões preenchidos pela operação são analisados uma vez por semana, atestando a veracidade dos *check-lists* e comparando com o que é realizado no chão de fábrica, em seguida sendo contabilizado e lançado no Excel (anexo 6), onde existe um quadro contendo todas as rotinas, divididas pelas 52 semanas do ano, em programação previa. A planilha então organiza os dados em P, para programados, R para realizados e A para atrasados. A partir disso, são gerados gráficos para lançamento de reportes semanais, onde o número de

rotinas programadas e o número de rotinas realizados por área ganham visibilidade para o time de gestão.

Número	Cartão Trello	Plano	Frequência	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
43	Limpeza da Tina de Dosagem de Terra	Limpeza	Semanal	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
				R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
44	Trocadores de Calor	Inspeção	Semanal	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
				R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
45	Filtros de CO2 e Ar Comprimido	Inspeção	Semanal	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
				R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
46	Análise de Massa Seca PVPP	Rotina	Semanal	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
				R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
47	Teste Fail Safe ALDOX	Inspeção	Semanal	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
				R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
48	Análise pH Água Desaerada Aldox	Inspeção	Semanal	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
				R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
49	Análise de pH para liberação dos BBT's 41-45	Inspeção	Semanal	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
				R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
50	[CIP Completo] Tanque de Soda Cáustica	Limpeza e CIP	Mensal	P				P				P			
				R				R				R			
51	[CIP Completo] Tanque de Ácido	Limpeza e CIP	Mensal	P				P				P			
				R				R				R			
52	[CIP Alcalino] BBT 41	CIP	Bimestral	P	P	P	P	P	P	P					P
				a	A	a	a	A	A	R					r
53	[CIP Alcalino] BBT 42	CIP	Bimestral	P	P									P	P
				a	r									a	r
54	[CIP Alcalino] BBT 43	CIP	Bimestral	P								P			P
				R								R			R
55	[CIP Alcalino] BBT 44	CIP	Bimestral	P	P	P								P	P
				a	A	r								a	r
56	[CIP Alcalino] BBT 45	CIP	Bimestral	P	P	P								P	P
				a	A	r								a	r

Anexo 6: Exemplo de planilha para lançamento de reporte de percentual de rotinas realizadas, programadas e realizadas.

Essa contabilização é regida sob uma meta anual de percentual de realização de rotinas, porém, seu valor está na correlação entre realização, ou ausência das mesmas e os resultados de contaminação encontrados nos BBT. A união do CILT Management com as coletas microbiológicas gerou a ferramenta VIGIA+.

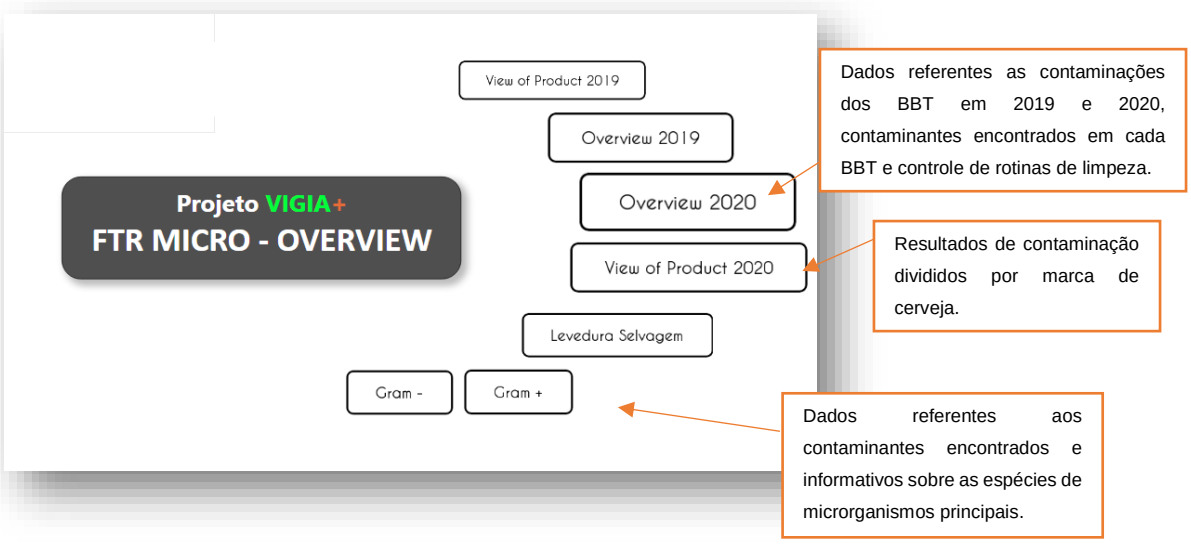
5.2 VIGIA+

Criado como forma de dar visibilidade e correlacionar as rotinas de limpeza com os percentuais de contaminação encontrados nos BBT, a ferramenta via Microsoft Power BI foi idealizada como parte do projeto de estágio desenvolvido na cervejaria.

O Reporte subdivide-se em Overview, View of Product, Gram+, Gram– e Leveduras Selvagens.

A ferramenta escolhida para a elaboração do VIGIA+ foi o Microsoft Power BI devido a possibilidade de criação de aplicações e *dashboards* inteligentes, com alimentação continua de dados, cruzamento desses dados para melhor visualização, e sobretudo possibilidade de criação de interface para smartphone, visto que, a ferramenta foi criada para facilitar e agilizar a visualização dos dados de contaminação, principalmente para aqueles que estão vivenciando as rotinas no chão de fábrica, tanto operação, quanto lideranças da empresa. A ferramenta

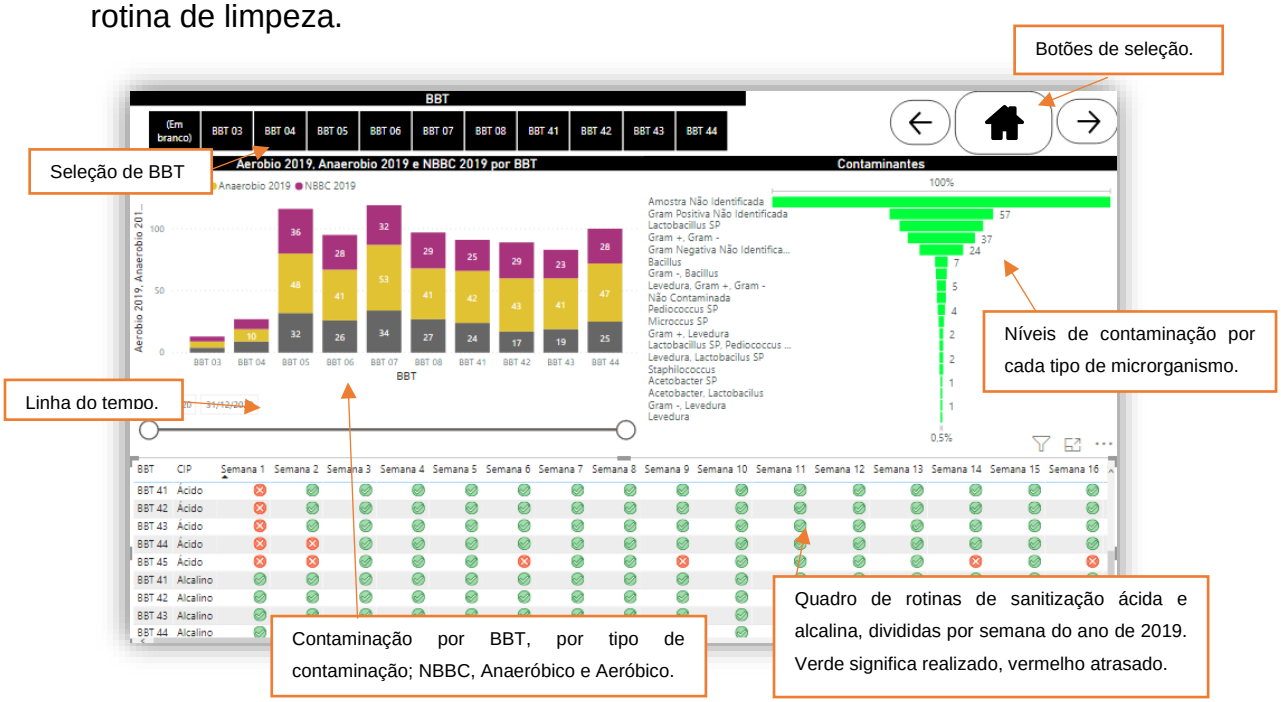
possui interface direta com Excel, para alimentação de dados e criação de planilha, e Microsoft Sharepoint para compartilhamento dos dados.



Anexo 7: Tela inicial da ferramenta VIGIA+.

5.2.1 Overview

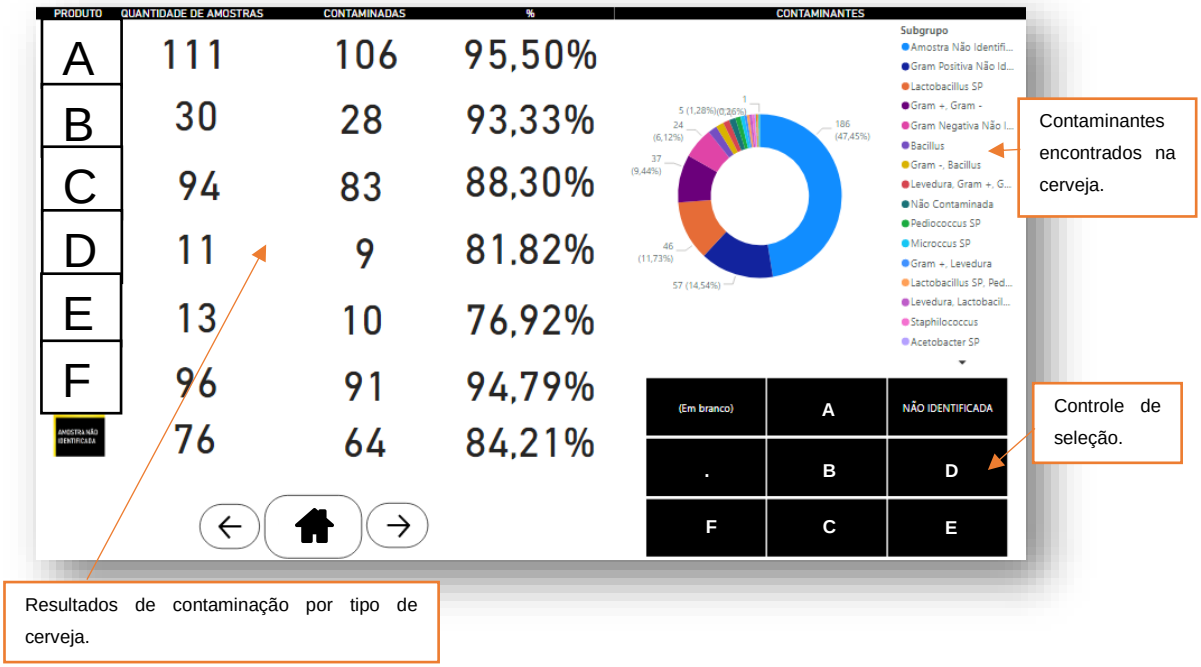
Onde são catalogadas as amostras contaminadas de BBT, divididos por cada tanque, junto a um gráfico demonstrando quais microrganismos encontrados nas amostras, e a relação de CIP's alcalinos e ácidos realizadas no período desta coleta. O intuito desta visualização é estabelecer visualmente uma conexão entre os resultados de contaminação e o não cumprimento de uma dada rotina de limpeza.



Anexo 8: Overview, quadro principal para contaminações de BBT e rotinas de limpeza no VIGIA+

5.2.2 View of Product

Um comparativo percentual entre os contaminantes encontrados em cada cerveja produzida pela empresa. O intuito principal desse comparativo visava determinar se havia grande diferença entre o percentual de contaminação das cervejas observadas, levando em conta por exemplo o manejo de cervejas *premium* (mais lupuladas, sem adjuntos) em comparação com cervejas que possuem gritz.



Anexo 9: View of Product, seleção de dados referentes a contaminação por tipo de cerveja.

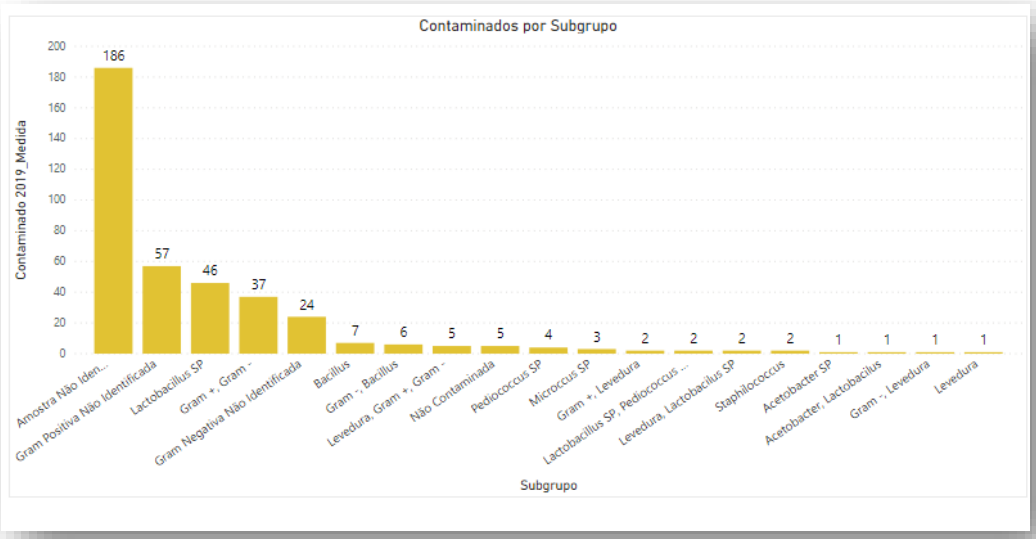
Dentro do período em que o trabalho foi realizado no ano de 2019 foram contabilizadas um total de 431 amostras de cerveja nos BBT. Além da já citada divisão entre NBBC, aeróbicas e anaeróbicas, as amostras também foram divididas nos 6 tipos de cerveja produzidos na cervejaria, sendo que 76 dessas amostras não possuíam indicação de qual cerveja pertenciam, por este motivo foram separadas no sétimo grupo “NÃO IDENTIFICADA”. Por questão de sigilo, as amostras serão nomeadas de a A a F, substituindo os nomes reais das cervejas comerciais.

5.2.3 Quadros informativos: Apanhado sobre bacterias Gram +, Gram - e Levedura Selvagem

Essa etapa do trabalho foi realizada visando educar os usuários sobre os microrganismos encontrados nos resultados, tendo em vista a necessidade de se ter uma melhor compreensão do desafio enfrentado. Esses microrganismos foram divididos nas famílias de bactérias gram positiva e negativa, abordando cada gênero presente, além de uma aba separada para discutir a ação de leveduras selvagens. Também foram adicionados comentários sobre qual tipo de sanitização é mais indicada para eliminação de cada tipo de microrganismo.

Anexo 10: Informativo sobre bactérias gram-positivas. Quadros semelhantes foram feitos para cada tipo de bactéria destacada no quadro, assim como para bactérias gram-negativas e leveduras selvagens.

Das 431 amostras encontradas, 391 apresentaram algum grau de contaminação aeróbica, anaeróbica, por levedura ou associação das mesmas, representando 90,72% das amostras do ano de 2019.

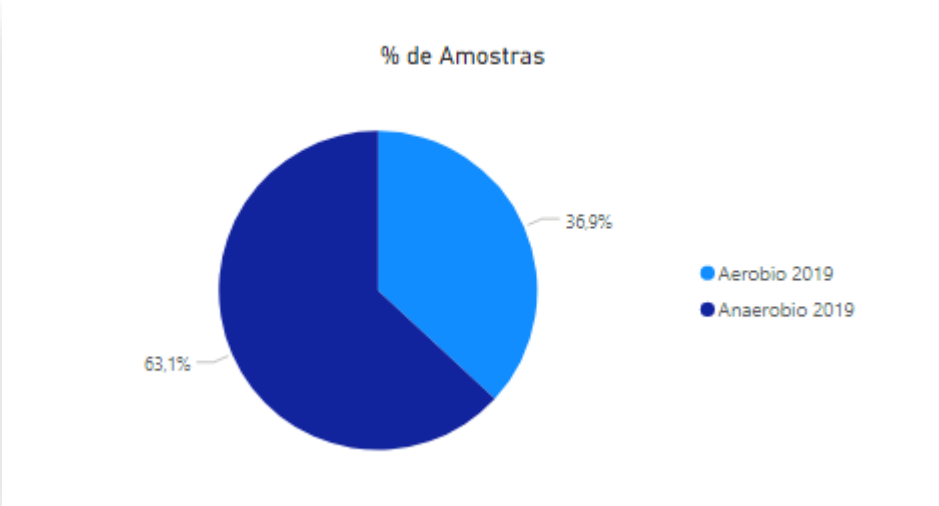


Anexo 11: Gráfico de número de contaminações por subgrupo de contaminante.

Algumas amostras contaminadas não possuíam seu contaminante identificado, ou mesmo sua família na escala de Gram, o que representa uma grande oportunidade na análise das amostras. Por proporcionalidade, observa-se no gráfico que os microrganismos mais proeminentes foram os *Lactobacillus sp*, bactérias gram-positivas anaeróbicas, com um total de 46 amostras identificadas pela microbiologia, e mais 4 associações com *Pediococcus* e leveduras selvagens. Esse número é considerado bem maior, quando analisamos o fato de que houveram mais 57 contaminações por bactéria gram positiva que não foram identificadas, 37 associações bacterianas entre indivíduos gram-positivos e pares de microrganismos menos proeminentes, e 186 amostras contaminadas que não foram catalogadas.

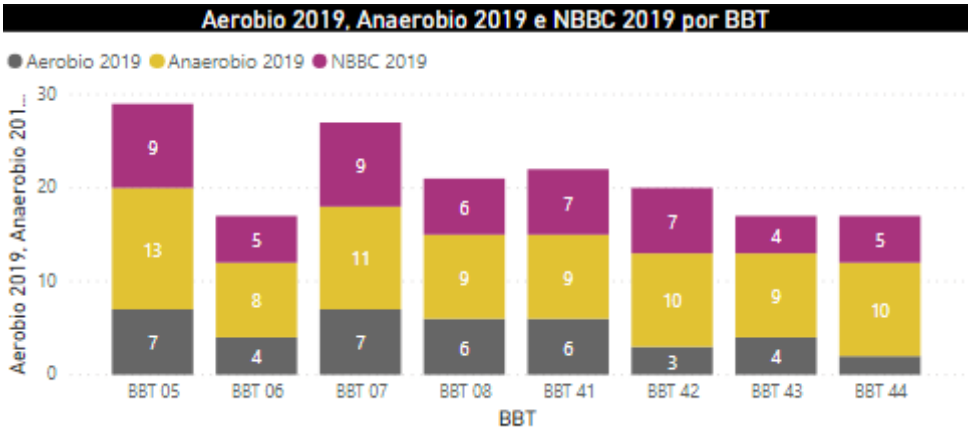
Proporcionalmente, o coeficiente de correlação linear de Pearson, do gráfico gerado pelo Power Bi, mostrou que aproximadamente 63,46% das amostras não identificadas são de fato *Lactobacillus* ou associações que componham, (30,8% como gênero principal e 32,66% em associação, com R^2 = 98,12%).

A ferramenta permitiu também que analisássemos a questão de aerobiose e anaerobiose nos BBT. Temos então as contaminações anaeróbicas como grandes vilões, visto que 63,1% das contaminações foram anaeróbias (anexo 12). Essa afirmação é corroborada pelas amostras identificadas tendo maior incidência de *Lactobacillus* associados a *Pedioccocus* (anaeróbico facultativo).



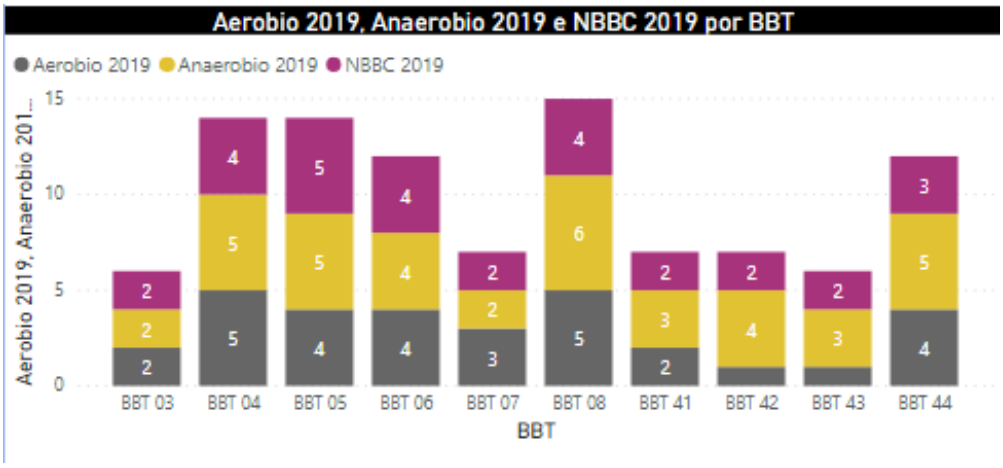
Anexo 12: Gráfico de percentual de contaminações anaeróbicas em comparação com anaeróbicas.

Em comparação por BBT, os tanques 07, 05 e 44 possuíram respectivamente os piores índices de contaminação qualitativa (NBBC), anaeróbica e aeróbica. Porém, para relacionar esses índices de contaminação ao não cumprimento de rotina, necessitamos analisar os resultados semana a semana, buscando no quadro de realização de CIP's, semanas em que as rotinas de sanitização desses tanques não tenham sido realizadas, ou possam ter atrasado, sobretudo as rotinas de CIP trimestral (bimestral após determinação da liderança), que envolve a utilização de sanitizante alcalino, considerado ideal para a eliminação de resíduo orgânico. Destacam-se então dois períodos de atraso longo, respectivamente na adega 01, entre o espaço de tempo das semanas 17 a 22, referentes ao início do mês de maio até a primeira semana de junho, e na adega 02, o período entre a segunda semana de outubro e a segunda semana de dezembro (semana 40 a 50). Os tanques 04, 05, e 08 foram particularmente prejudicados, assim como os tanques 42, 43 e 44. Esses períodos de atraso coincidiram com os momentos de crescimento no volume de produção de cerveja, devido à proximidade dos meses de consumo elevado da bebida, o que acaba por afetar as rotinas de limpeza menos rotineiras (trimestral, bimestral e semestral) em detrimento de rotinas semanais (sanitização ácida).



BBT	CIP	Semana 40	Semana 41	Semana 42	Semana 43	Semana 44	Semana 45	Semana 46	Semana 47	Semana 48	Semana 49	Semana 50
BBT 41	Alcalino	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
BBT 42	Alcalino	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
BBT 43	Alcalino	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓
BBT 44	Alcalino	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
BBT 45	Alcalino	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
BBT 03	Ácido	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
BBT 04	Ácido	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
BBT 05	Ácido	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
BBT 06	Ácido	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Anexo 13: Período entre a segunda semana de outubro e a segunda semana de dezembro (semana 40 a 50). Quadro do VIGIA+ Overview dos BBT.



BBT	CIP	Semana 16	Semana 17	Semana 18	Semana 19	Semana 20	Semana 21	Semana 22	Semana 23
BBT 03	Alcalino	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
BBT 04	Alcalino	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
BBT 05	Alcalino	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
BBT 06	Alcalino	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
BBT 07	Alcalino	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
BBT 08	Alcalino	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
BBT 41	Alcalino	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
BBT 42	Alcalino	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓

Anexo 14: Período entre as semanas 17 a 22, referentes ao início do mês de maio até a primeira semana de junho, resultados de BBT e gráfico de rotinas realizadas no VIGIA+

Outra analise que os dados permitiam fazer levava em consideração as amostras contaminadas por tipo de cerveja. As amostras de cerveja *Premium* (C, D e E), apesar de possuírem resultados significativos de contaminação, se saíram consideravelmente melhores que as cervejas com gritz. O intuito desta analise era comparar principalmente, se haveria diferença de tratamento entre essas cervejas, sobretudo devido ao valor agregado ao produto. Porém a conclusão final tendeu aos ingredientes presentes nas cervejas *Premium*. Cervejas mais lupuladas tendem a ser bacteriologicamente mais resistentes a contaminação devido a ação da lupulina, promovendo a bacterioesticidade do mosto e impedindo crescimento de colônias indesejáveis, ainda que não seja suficiente para impedir esta ação por completo.

PRODUTO	QUANTIDADE DE AMOSTRAS	CONTAMINADAS	%
A	111	106	95,50%
B	30	28	93,33%
C	94	83	88,30%
D	11	9	81,82%
E	13	10	76,92%
F	96	91	94,79%

Anexo 15: Percentual de contaminação por tipo de cerveja, onde as cervejas C, D e E são cervejas Premium, enquanto A, B e F possuem menos lúpulo, seguimento popular.

6. Conclusão

Analisando os resultados obtidos foi possível embasar a narrativa de que as contaminações encontradas nos BBT estão diretamente ligadas ao não cumprimento das rotinas de sanitização e limpeza. Os tanques mais contaminados demonstraram resultados piores nos períodos em que houveram atrasos nas realizações, confirmando a possibilidade mais debatida pelas pelos grupos de Kaizen FTR Micro e Comitê de FTR Micro da cervejaria.

Outra possibilidade debatida foi de que, proporcionalmente os tanques mais contaminados pertencem a adega 01 (BBT de 03 a 08), sendo que esta adega passou, ao longo do período de análise, por extensas reformas, uma em particular, envolvia a troca do piso de boa parte da área fria da cervejaria. Essas manobras de engenharia civil, acabaram por promover o acumulo de sujeira, líquidos, restos de solução por toda a área, interferindo diretamente na limpeza do processo. Essa condição externa pode afetar o tanque também no momento da coleta, caso não sejam obedecidos os devidos procedimentos operacionais, ocasionando falsos positivos. Essa teoria ganhou força ao serem analisados resultados onde não haviam contaminações anaeróbicas, nem aeróbicas, porém ocorreram resultados positivos para NBBC.

Quanto analise por produto, apesar de ter sido idealizada com um intuito diferente, serviu como uma rota não convencional para avaliação da bacterioesticidade da cerveja, evidenciando uma propriedade já conhecida há algumas centenas de anos.

Julgando que a situação envolve a qualidade do produto, é necessário que esse conjunto de ações e monitoramentos sejam contínuos. Desta forma, tanto a utilização das ferramentas de CILT e FTR micro permanecem em utilização no ano de 2020, demonstrando resultados significativos na elevação do indicador dentro da cervejaria.

As ferramentas têm potencial para multiplicação em outros setores da cervejaria, assim como, cabem a adição de novas correlações e novos pontos focais com oportunidades já verificadas. É o caso dos tanques de fermentação, e das centrifugas, dois locais considerados críticos em termos de contaminação e com resultados já no ano de 2020 consideravelmente alarmantes, e com potencial de elaboração em trabalhos futuros.

7. Bibliografia:

ANGELIS, O. **Meios de Cultura para Leveduras - Manual: Monitoramento Teórico e Prático da Fermentação Etanólica**, UNESP, Rio Claro, 2006.

BOULTON, C. et al, **Brewing yeast and fermentation**, Blackwell Science, New York, 2001.

BRIGGS, D. E.; STEVENS, PRIEST, F. G. **Microbiology and microbiological control in the brewery** - Handbook of Brewing, Boca Raton, 2006.

BRANDÃO, G. M. de CARVALHO et al. **Elementos Biotecnológicos fundamentais no processo cervejeiro: 2º parte –** A Fermentação, Revista Analytica Nº26, São Paulo, SP, Dezembro 2006/Janeiro 2007.

BUTTRICK, P. **Mashing,** Craft Beer & Brewing, EUA, 2012.

COELHO, A., **Noções de Higienização na Industria de Alimentos**, Universidade Católica de Goiás, Goiás, 2014.

DINIZ, Claudio G, **Roteiro de Aulas Praticas do Departamento de Parasitologia, Microbiologia e Imunologia – Setor Microbiologia**, UFJF, Minas Gerias, 2018.

DRAGONE G. et al **Produção de Cerveja: Microrganismos Deteriorantes e Métodos de Detecção,** Brazilian Journal of Food e Technology , Campinas, ed. 10, 2007.

ESTEVINHO, L. **Leveduras e fermentações: O caso da cerveja**, Centro de Investigação de Montanha – Instituto Politécnico de Bragança, Departamento de Biologia e Biotecnologia da Escola Superior Agrária de Bragança. 2015.

EUMANN, M. SCHILDBACH S. **125th Anniversary Review: Water sources and treatment in brewing,** Wiley Online Library, 2012.

FORGET, C. **Dictionary of beer and brewing**, Brewers Publications, Denver, 2002.

HATOUM, R. et al, **Antimicrobial and probiotic properties of yeasts: from fundamental to novel applications. Frontiers in Microbiology**, 3 ed. 2012.

HAMMOND, J.; BRENNAN, M.; PRICE, A. **The control of microbial spoilage of beer. Journal of the Institute of Brewing**, London, 1999.

HARTNETT, D. et al. **Antimicrobialproducing lactic acid bacteria isolated from raw barley and sorghum. Journal of the Institute of Brewing**, London, 2002.

HAYASHI, N. et al. **Detection and identification of Brettanomyces/Dekkera sp. yeasts with a loopmediated isothermal amplification method. Food Microbiology**, London, 2007.

HELANDER, I. M.; HAIKARA, A. **Lipopolysaccharides of anaerobic beer spoilage bacteria of the genus Pectinatus – lipopolysaccharides of a Gram-positive genus**, FEMS Microbiology Reviews, Amsterdam, 2001.

JINAN RAINBOW MACHINERY CO. LTDA. **Brewing Catalogue - Fermentation**, Canadá, 2011.

KLEY, A. **O que tem no seu mosto?** Artigo - comofazercerveja.com.br, 2019.

LEWIS, M. et al, **Brewing**, 2º ed. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 2001.

PALMER, J. KAMINSKI C. Brewing Elements Series - **Water: A Comprehensive Guide for Brewers,** Brewers Publications, USA, 2013.

PHILLISKIRK, G. **Fermentation,** Craft Beer & Brewing, EUA, 2010.

STONE, D. **The World's Top Drink**, National Geografic, ONWARD virtual magazine, 2014.

SLEIMAN, M. et al. **Utilização de isótopos estáveis do carbono e do nitrogênio para determinar o percentual de malte em cervejas tipo Pilsen**. Brazilian Journal of Food Technology**,** Campinas, v.11, 2008.

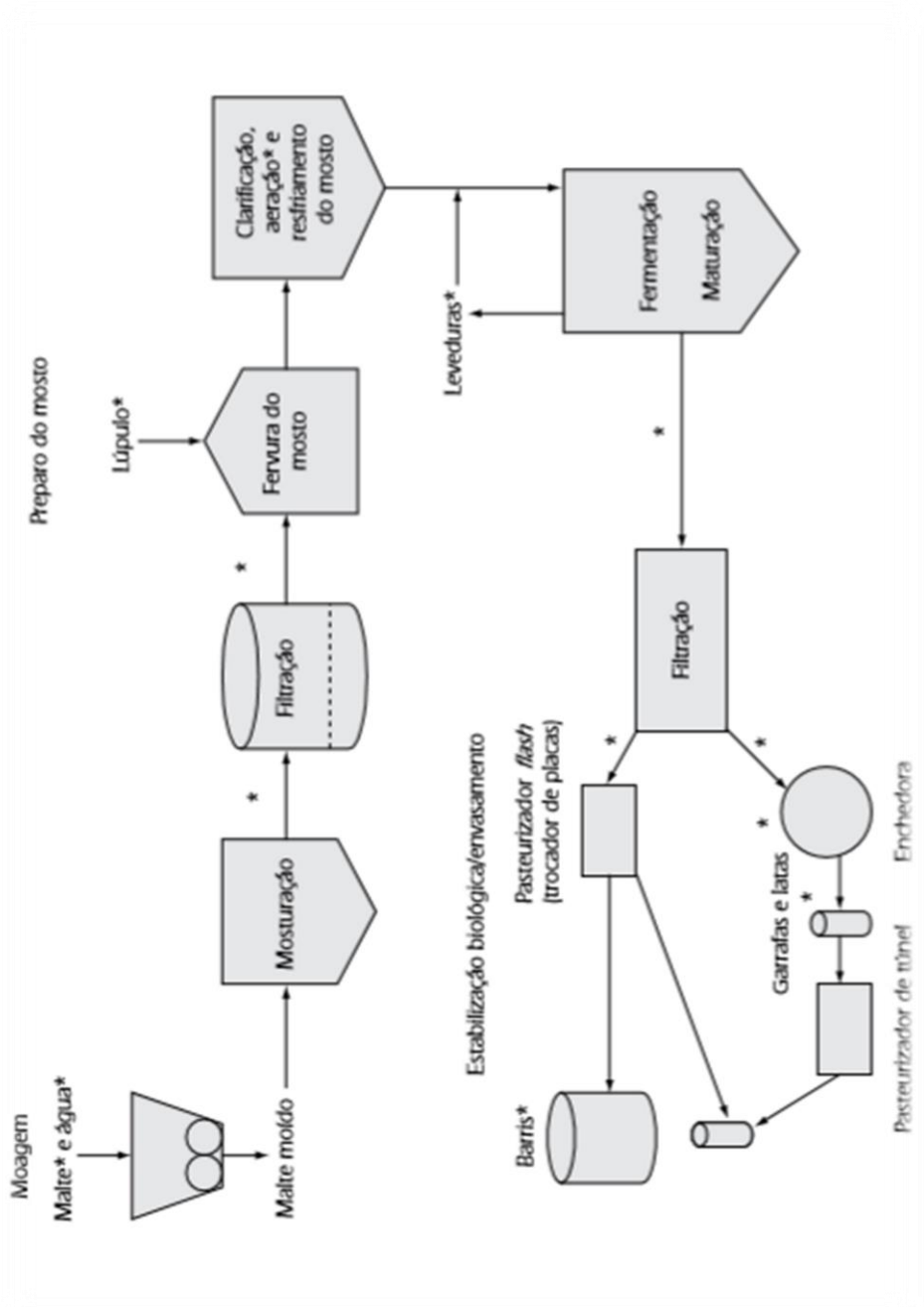
TROSSET, F. **The Brewing Process,** Aslan Brewing, EUA, 2016

VANDERHAEGEN, B. **The chemistry of beer aging—a critical review,** Revista Food Chemistry ed. 95, 2006.

VENTURINI FILHO, W.G. **Tecnologia de cerveja**. Jaboticabal: Funep, 2000.

YOUNG, T. W. **Malting and Brewing Science: volume II hopped wort and beer**. 2 ed. London, 1982.

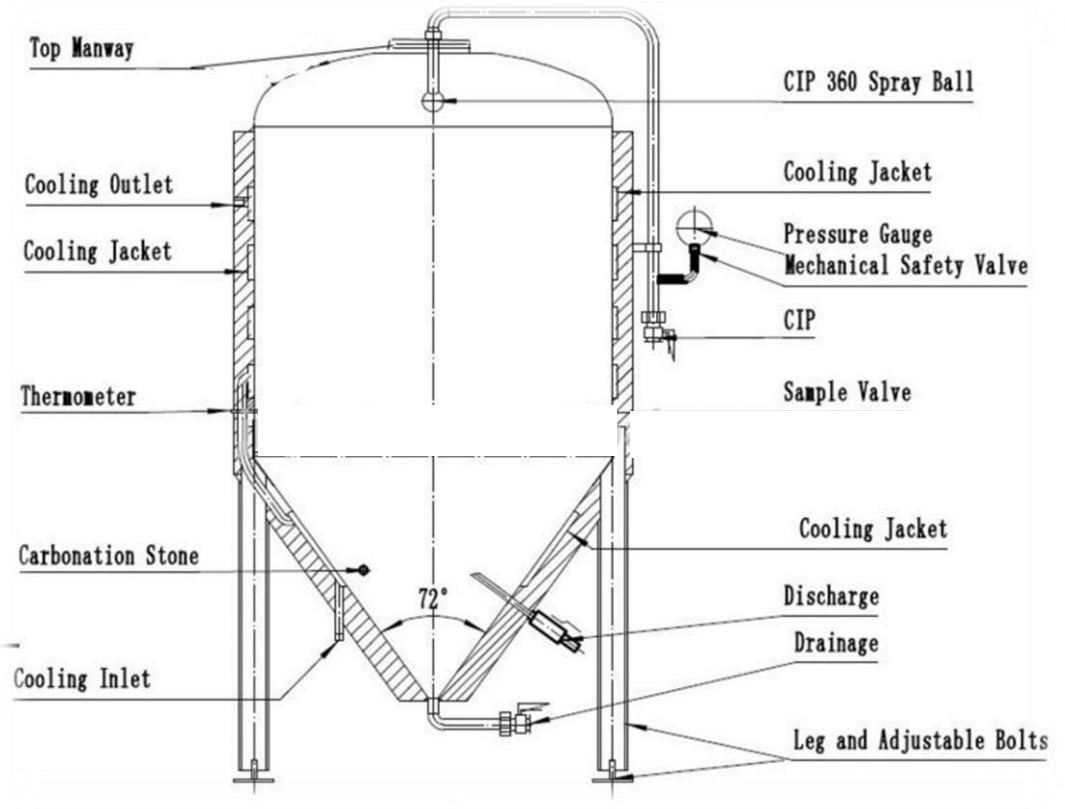
8. Anexos e Tabelas:



Anexo 1: Fluxograma de produção cervejeira de acordo com a cervejaria referencial.

Enzima	**Faixa de Temperatura Ótima**	**Faixa de pH Ótimo**	**Atuação**
Fitase	30-52°C	5,0-5,5	Diminuição do pH de mostura
Debranching	35-45°C	5,0-5,8	Solubilização do amido
Beta-Glucanase	35-45°C	4,5-5,5	Quebra dos glucanos
Peptidase	45-55°C	4,6-5,3	Produção amino-nitrogenosa livre
Protease	45-55°C	4,6-5,3	Quebra de proteínas turvativas
Beta Amilase	55-65°C	5,0-5,5	Produção da maltose
Alfa Amilase	68-72°C	5,3-5,7	Produção de glicoproteínas estabilizantes de sabor e maltose

Tabela 1: Tabela de faixas de temperatura e pH ótimos para atuação das principais enzimas.



Anexo 2: Modelo de Bright Beer Tank utilizado na cervejaria, fabricado pela Jinan Rainbow Machinary.

Anexo 3: procedimento operacional de coleta de amostras da cervejaria, antes.

Anexo 4: procedimento operacional de coleta via septo nos BBT da cervejaria, pós revisão de procedimento operacional.

JANEIRO	54,5%
FEVEREIRO	80,2%
MARÇO	78,4%
ABRIL	73,2%
MAIO	38,3%
JUNHO	16,6%
JULHO	30,0%
AGOSTO	39,9%
SETEMBRO	66,7%
OUTUBRO	65,7%
NOVEMBRO	73,8%
DEZEMBRO	53,9%

Tabela 2: Resultados mensais de FTR Micro BBT em 2019.

[CIP Alcalino] BBT 44

Última alteração em Há 2 dias feita por você

Bucket

SEMANA 24 (ATÉ 30/06)

Progresso

Não iniciada

Prioridade

Média

Data de início

Começar a qualquer momento

Data de conclusão

30/06/2020

Anotações

Mostrar no cartão

- Recomenda-se a utilização de alcalino clorado (ex.: Divosan TC 86) a ser utilizado conforme monitoramento do FTR Micro.
- A cada 3 meses é obrigatória a inspeção visual da área interna do BBT.

Lista de verificação 0 / 7

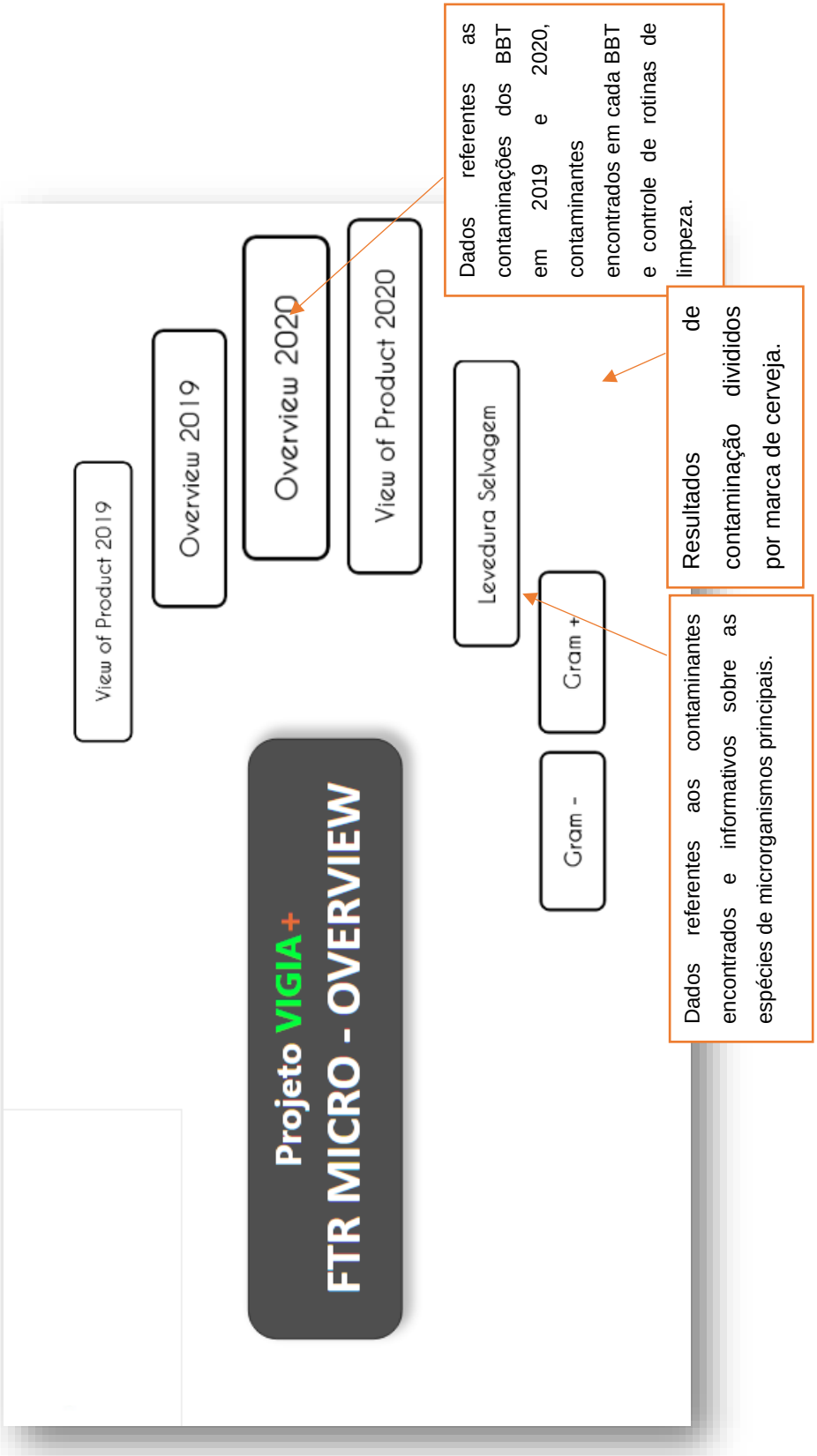
Mostrar no cartão

- Circular ar comprimido até completa despressurização do tanque (confirmar com...
- Controlar o teor de carbonatos da soda regularmente (máx. 0,7%)
- Circular solução de soda cáustica a 2 a 3% à temperatura ambiente durante 20 a ...

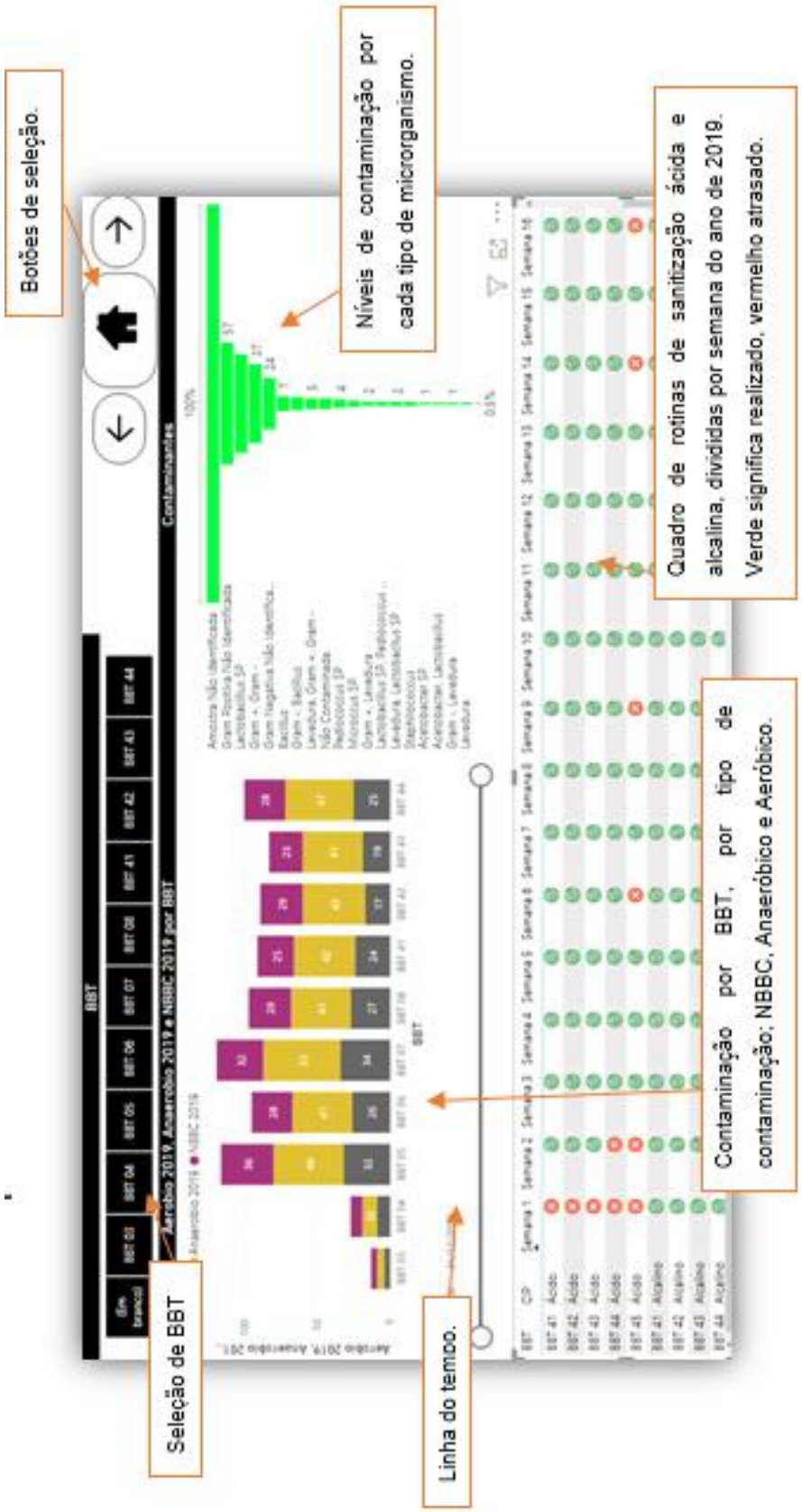
Anexo 5: Exemplo de cartão de rotina presente na programação do CILT *Management* semanal.

Número	Cartão Trello	Plano	Frequência	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
43	Limpeza da Tina de Dosagem de Terra	Limpeza	Semanal	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
				R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
44	Trocadores de Calor	Inspeção	Semanal	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
				R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
45	Filtros de CO2 e Ar Comprimido	Inspeção	Semanal	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
				R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
46	Análise de Massa Seca PVPP	Rotina	Semanal	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
				R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
47	Teste Fail Safe ALDOX	Inspeção	Semanal	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
				R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
48	Análise pH Água Desaerada Aldox	Inspeção	Semanal	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
				R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
49	Análise de pH para liberação dos BBT's 41-45	Inspeção	Semanal	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
				R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
50	[CIP Completo] Tanque de Soda Cáustica	Limpeza e CIP	Mensal	P				P	P			P			
								R	R			R			
51	[CIP Completo] Tanque de Ácido	Limpeza e CIP	Mensal	P				P	P			P			
				R				R	R			R			
52	[CIP Alcalino] BBT 41	CIP	Bimestral	P		P	P	P	P	P	P				P
				a	A	a	a	A	A	A	R				r
53	[CIP Alcalino] BBT 42	CIP	Bimestral	P		P								P	P
				a		r								a	r
54	[CIP Alcalino] BBT 43	CIP	Bimestral	P									P		P
				R									R		R
55	[CIP Alcalino] BBT 44	CIP	Bimestral	P		P	P							P	P
				a	A	r								a	r
56	[CIP Alcalino] BBT 45	CIP	Bimestral	P		P								P	P
				a	A	r								a	r

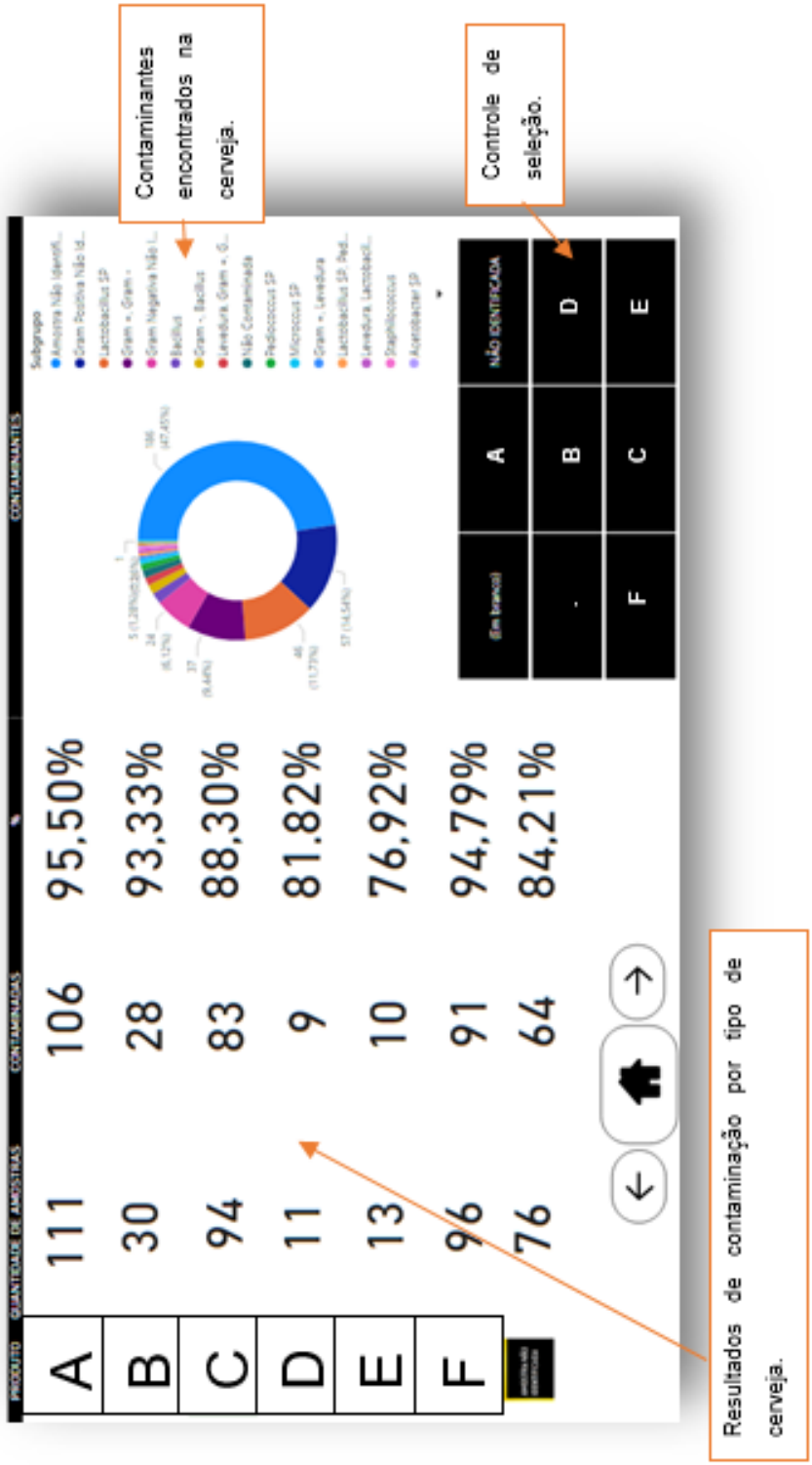
Anexo 6: Exemplo de planilha para lançamento de reporte de percentual de rotinas realizadas, programadas e realizadas.



Anexo 7: Tela inicial da ferramenta VIGIA+.

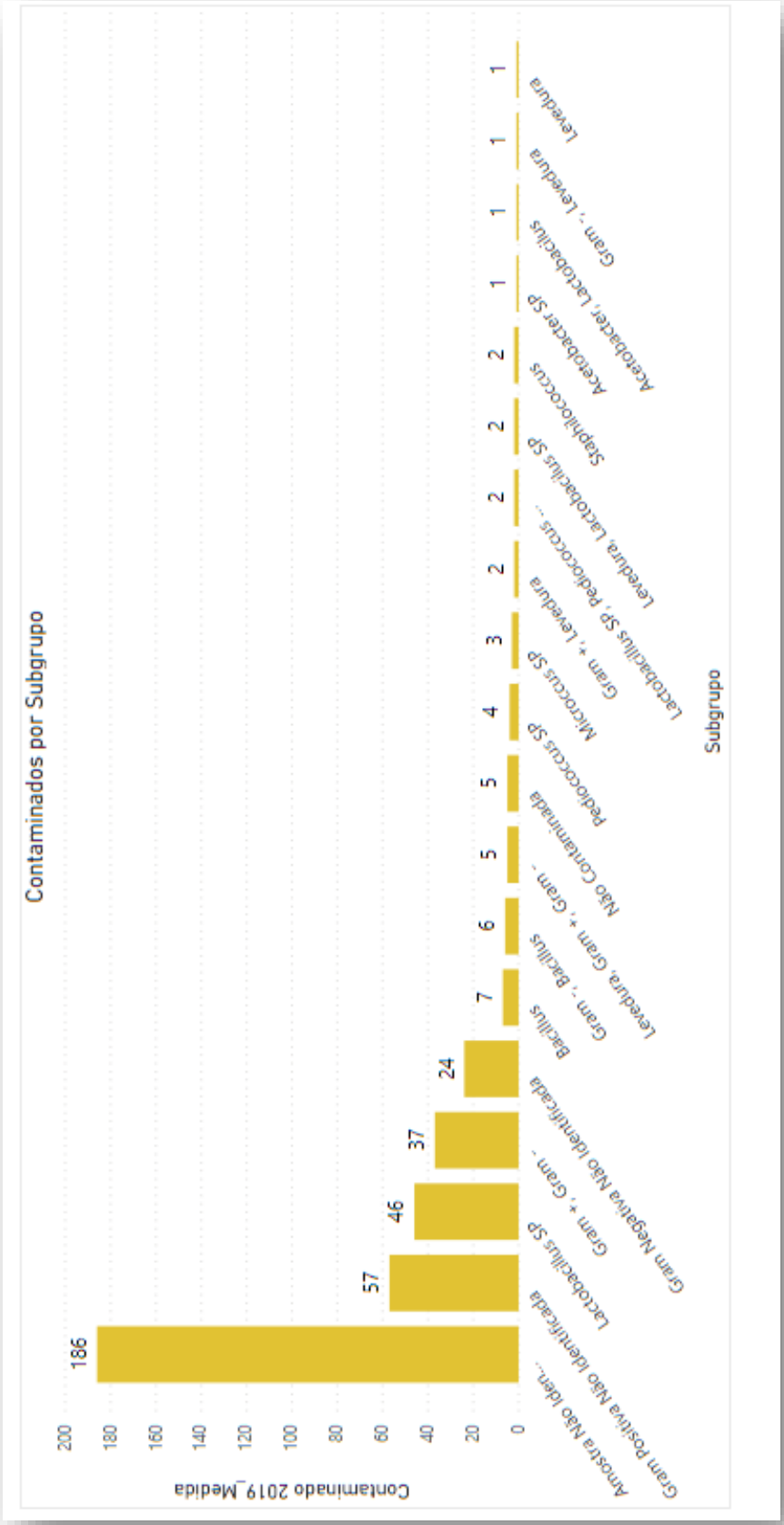


Anexo 8: Overview, quadro principal para contaminações de BBT e rotinas de limpeza no VIGIA+

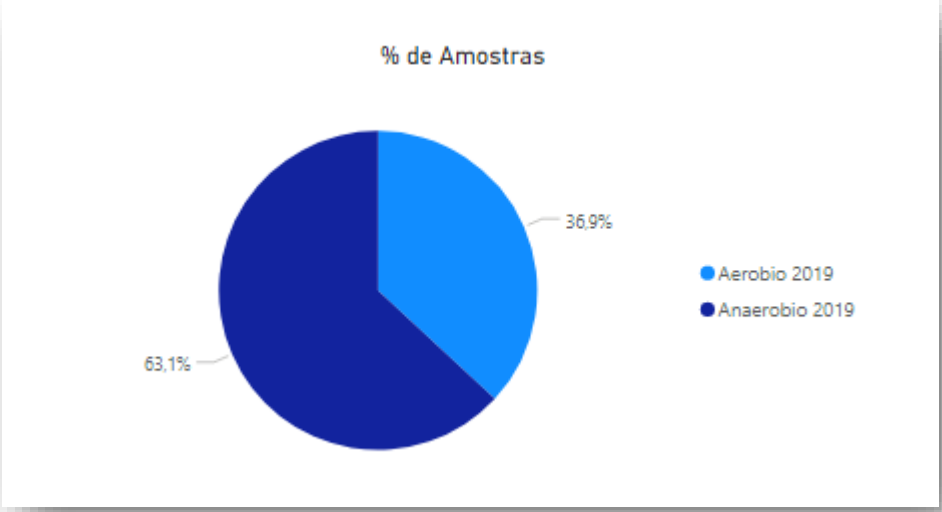


Anexo 9: View of Product, seleção de dados referentes a contaminação por tipo de cerveja.

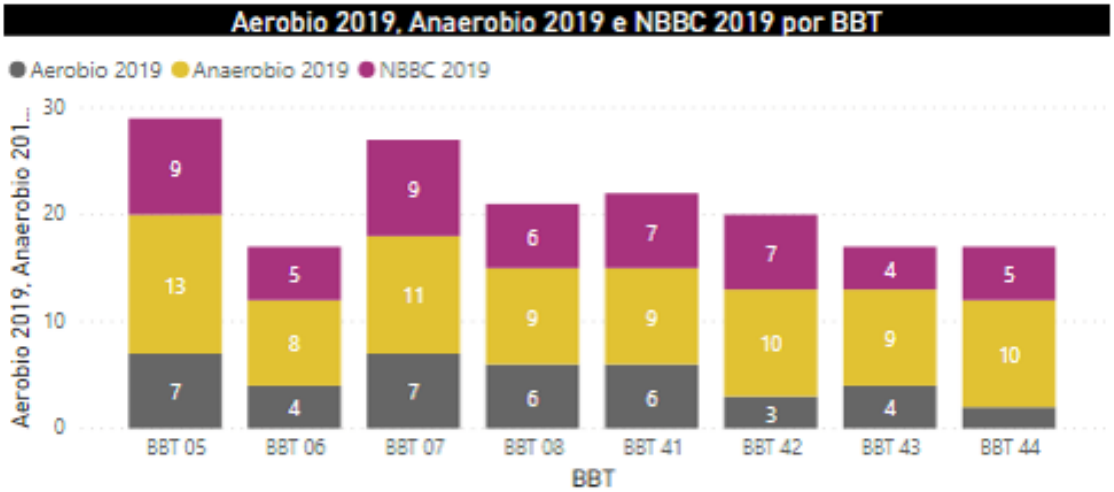
Anexo 10: Informativo sobre bactérias gram-positivas. Quadros semelhantes foram feitos para cada tipo de bactéria destacada no quadro, assim como para bactérias gram-negativas e leveduras selvagens.



Anexo 11: Gráfico de número de contaminações por subgrupo de contaminante.

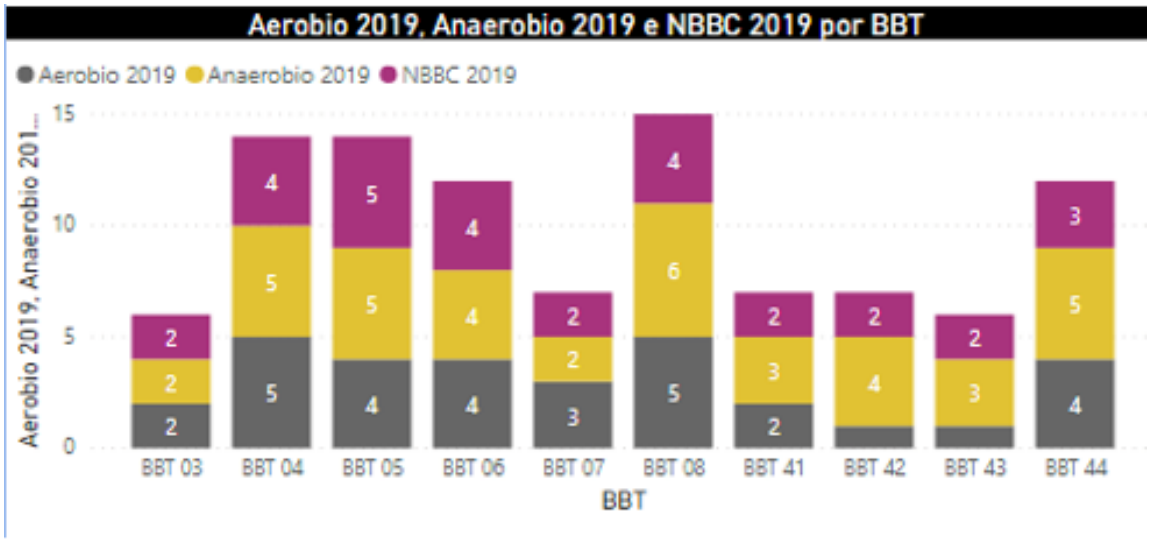


Anexo 12: Gráfico de percentual de contaminações anaeróbicas em comparação com anaeróbicas.



BBT	CIP	Semana 40	Semana 41	Semana 42	Semana 43	Semana 44	Semana 45	Semana 46	Semana 47	Semana 48	Semana 49	Semana 50
BBT 41	Alcalino	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
BBT 42	Alcalino	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
BBT 43	Alcalino	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓
BBT 44	Alcalino	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
BBT 45	Alcalino	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
BBT 03	Ácido	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
BBT 04	Ácido	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
BBT 05	Ácido	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
BBT 06	Ácido	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Anexo 13: Período entre a segunda semana de outubro e a segunda semana de dezembro (semana 40 a 50). Quadro do VIGIA+ Overview dos BBT.



BBT	CIP	Semana 16	Semana 17	Semana 18	Semana 19	Semana 20	Semana 21	Semana 22	Semana 23
BBT 03	Alcalino	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
BBT 04	Alcalino	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
BBT 05	Alcalino	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
BBT 06	Alcalino	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
BBT 07	Alcalino	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
BBT 08	Alcalino	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
BBT 41	Alcalino	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓
BBT 42	Alcalino	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓

Anexo 14: Período entre as semanas 17 a 22, referentes ao início do mês de maio até a primeira semana de junho, resultados de BBT e gráfico de rotinas realizadas no VIGIA+

PRODUTO	QUANTIDADE DE AMOSTRAS	CONTAMINADAS	%
A	111	106	95,50%
B	30	28	93,33%
C	94	83	88,30%
D	11	9	81.82%
E	13	10	76,92%
F	96	91	94,79%

Anexo 15: Percentual de contaminação por tipo de cerveja, onde as cervejas C, D e E são cervejas Premium, enquanto A, B e F possuem menos lúpulo, seguimento popular.

2 - Tanques de cerveja filtrada e tanques de "rest"	- a cada esvaziamento	- Enxaguar com água industrial o suficiente para a remoção dos resíduos de cerveja	- Deve ser realizado sob pressão de CO_2 em Unidades que possuam sistema de equalização - A pressão no sprayball ou jetcleaner deve ser ajustada compensada pela pressão interna do tanque - Garantir a limpeza de todos os acessórios dos tanques: cúpula, ponto de injeção de CO_2, ponto de coleta de amostra, ponto de coleta microbiológico, etc. Se necessário, providenciar limpeza manual com escovas e detergente neutro comum.
		Processo 1 etapa: - circular solução ácido-desinfetante (ex.: Osa-N), à temperatura ambiente durante 10 a 30 minutos - enxaguar com água industrial à temperatura ambiente até a isenção Processo 2 etapas - circular solução ácida (ex.: Super Dilac), à temperatura ambiente durante 10 a 30 minutos - enxaguar com água industrial à temperatura ambiente até a isenção - circular solução desinfetante (ex.:Divosan Forte), à temperatura ambiente durante 10 a 30 minutos - enxaguar com água industrial à temperatura ambiente até a isenção	- Utilizar a concentração dos ácidos conforme indicação do fornecedor - Considerar a isenção com pH ≥ 4,7 no retorno de CIP - No enxágue da solução desinfetante verificar a isenção organolepticamente - A operação deve garantir a ausência de película orgânica e/ou inorgânica nas paredes dos tanques - O sistema de CIP (tanques e tubulação) de cerveja filtrada deve ser separado do sistema para cerveja não-filtrada (CIP BBT´s ≠ CIP Fermentação/Maturação) - Após 72h sem utilização repetir o CIP ácido - As soluções de CIP (soda e ácido) dos tanques de "rest" devem ser utilizadas apenas uma vez (descartar após uso - "use and dump")
	- trimestral ± 1 semana	- Retirar o CO_2 do ambiente - Circular solução de soda cáustica a 2 a 3% à temperatura ambiente durante 20 a 30 minutos - Enxaguar com água industrial à temperatura ambiente até a isenção	- Deve-se controlar o teor de carbonatos da soda regularmente (máx. 1%) - Recomenda-se a utilização de alcalino clorado (ex.: Divosan TC 86) a ser utilizado conforme monitoramento do FTR Micro - A cada 3 meses é obrigatória a inspeção visual da área interna do BBT - Isenção: Considerar pH ≤ 9,0 no retorno de CIP

Anexo 16: Política de qualidade da empresa, referente a sanitização e limpeza de BBT - Rotinas trimestrais (hoje, bimestrais após revisão de procedimento).