



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA



**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE FÁBRICA DE
FERTILIZANTES LÍQUIDOS NITROGENADOS**

TAYNÁ DE SOUZA CARRIJO

Uberlândia – MG

2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA



**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE FÁBRICA DE
FERTILIZANTES LÍQUIDOS NITROGENADOS**

TAYNÁ DE SOUZA CARRIJO

Monografia de graduação apresentada à
Universidade Federal de Uberlândia como
parte dos requisitos necessários para a
aprovação na disciplina de Trabalho de
Conclusão de Curso do curso de
Engenharia Química

Uberlândia – MG

2018

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA MONOGRAFIA DA DISCIPLINA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE TAYNÁ DE SOUZA CARRIJO
APRESENTADA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, EM 21 DE
DEZEMBRO DE 2018.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Humberto Molinar Henrique
Orientador (FEQ/UFU)

Prof^a Valéria Viana Murata
FEQ/UFU

Prof. Eloizio Julio Ribeiro
FEQ/UFU

DEDICATÓRIA

*Aos meus familiares e amigos,
sobretudo aos meus pais, por
toda força e motivação.*

AGRADECIMENTOS

Com este trabalho, mais uma etapa da vida se finda e com ela a realização de mais um sonho: tornar-me Engenheira Química.

Agradeço a Deus por se fazer presente em todos os momentos, por toda proteção ao longo dos caminhos traçados e, principalmente, por toda coragem para superação dos obstáculos enfrentados.

Aos meus familiares por todo apoio e compreensão nos momentos de ausência, e, especialmente, aos meus pais, Edione e Rosânia, e ao meu irmão, Thales, por todo carinho, suporte e motivação no decorrer da graduação.

Aos meus amigos, àqueles que fiz durante a graduação, que em meio as dificuldades se fizeram família, e aos antigos por todo apoio e, sobretudo, pela compreensão nos momentos de ausência. Em especial, à Isabelle por todo carinho e cuidado, com toda certeza sua amizade tornou esta trajetória mais leve.

Aos professores reconheço o esforço e sabedoria, seus ensinamentos foram essenciais por todo crescimento e inspiração para um profissional melhor. Especialmente, ao professor Humberto pelo aprendizado, paciência e por todos os valores agregados durante estes anos de trabalho e convívio.

Ao grupo PET, com certeza a minha maior conquista na Universidade, por todo conhecimento, crescimento e experiências proporcionados. Principalmente, pelo carinho e pela oportunidade de conviver com pessoas extraordinárias.

Enfim, à todas as pessoas que de uma alguma forma contribuíram para esta conquista.

“As nuvens mudam sempre de posição, mas são sempre nuvens no céu. Assim devemos ser todo dia, mutantes, porém leais com o que pensamos e sonhamos; lembre-se, tudo se desmancha no ar, menos os pensamentos”.

(Paulo Beleki)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	ii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT	v
INTRODUÇÃO	1
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. Nutrição Vegetal	5
2.2. Fertilizantes.....	7
2.2.1. Definição.....	7
2.2.2. Classificação.....	7
2.3. Fertilizantes Líquidos Nitrogenados.....	10
2.3.1. Aquamônia.....	12
2.3.1.1. Processo Produtivo Aquamônia	13
2.3.2. Uran.....	15
2.3.2.1. Processo Produtivo Uran.....	17
2.4. Viabilidade Técnica	18
2.5. Viabilidade Econômica	18
2.6. Ponto de Equilíbrio.....	19
2.7. Métodos Quantitativos para Análise de Investimentos.....	19
2.7.1. Valor Presente Líquido	20
2.7.2. Índice de Lucratividade.....	21
2.7.3. Taxa Interna de Retorno.....	21
2.7.4. Payback.....	22
METODOLOGIA.....	24

3.1. Custo de Investimento Inicial (CAPEX).....	24
3.2. Custo Operacional (OPEX).....	28
RESULTADOS	30
4. Viabilidade Técnica	30
4.1. Aquamônia	31
4.2. Uran	34
5. Viabilidade Econômica	37
5.1. Aquamônia	38
5.2. Uran.....	42
6. Ponto de Equilíbrio.....	46
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1—Relação entre consumo de fertilizantes, aumento de produtividade e área plantada	2
Figura 1.2 – Relação entre Produção e Consumo de Fertilizantes Nitrogenados no Brasil.....	4
Figura 2.3.1 – Consumo de Fertilizante Líquido por País.....	12
Figura 2.3.2 – Processo produtivo da Aquamônia.....	15
Figura 2.3.3 - Diagrama de Solubilidade Ureia-Nitrato de Amônio-Água.....	16
Figura 2.6.1 – Ponto de Equilíbrio.....	29
Figura 4.1.1 – PFD Aquamônia.....	31
Figura 4.1.2 – Processo Produtivo Aquamônia Literatura.....	32
Figura 4.2.1 – PFD Uran.....	37
Figura 5.1.1 – Preços da Amônia ao longo do tempo.....	39
Figura 5.1.2 – Fluxo de Caixa Aquamônia.....	40
Figura 5.2.1 – Fluxo de Caixa Uran.....	44
Figura 5.2.2 – Preços da Ureia ao longo do tempo.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.3.1 – Relação Pressão de Vapor – Temperatura – Concentração Aquamônia.....	13
Tabela 2.3.2 – Aumento da temperatura em função da conversão de aquamônia.....	14
Tabela 2.3.3 – Proporção Ureia - Nitrato de Amônio – Água.....	15
Tabela 2.3.4 – Forma do Nitrogênio em cada fertilizante.....	17
Tabela 3.1 – Equacionamento Custo de Módulo para cada Equipamento.....	26
Tabela 3.2 - Índice de Custo de Planta de Engenharia Química.....	28
Tabela 4 – CAPEX para Capacidade Produtiva de 100.000 t/ano e 500.000 t/ano.....	30
Tabela 4.1.1 – Equipamentos do Fluxograma da Aquamônia.....	31
Tabela 4.1.2 – Dimensão dos Equipamentos em uma Planta de Aquamônia.....	33
Tabela 4.1.3 – Balanço de Massa da Produção Aquamônia.....	33
Tabela 4.1.4 – Balanço de Energia da Produção de Aquamônia.....	34
Tabela 4.2.1 – Constantes de Equilíbrio.....	35
Tabela 4.2.2 – Equipamentos do Fluxograma de Uran.....	35
Tabela 4.2.3 – Dimensão dos Equipamentos da Planta de Uran.....	36
Tabela 4.2.4 – Balanço de Massa da Produção de Uran.....	37
Tabela 4.2.5 – Balanço de Energia da Produção de Uran.....	37
Tabela 5.1.1 – Custo de Aquisição e Módulo de cada Equipamento.....	38
Tabela 5.1.2 – Correntes de Utilidades.....	39
Tabela 5.1.3 – Custo unitário e anual das utilidades.....	40
Tabela 5.1.4 – Rentabilidade do Projeto.....	41
Tabela 5.2.1 – Custo de Aquisição e Custo do Módulo.....	42
Tabela 5.2.2 – Preços das Utilidades.....	43

Tabela 5.2.3 – Custo Operacional.....	45
Tabela 5.2.4 – Rentabilidade do Projeto.....	45
Tabela 6.1 – Ponto de Equilíbrio.....	47

RESUMO

A atividade agrícola, além da função de subsistência, influi no desenvolvimento econômico de uma região. Conjuntura que incita uma produção mais eficiente, prática e de menor custo, aumentando a produtividade e a lucratividade do setor. Contudo, é sabido que a aplicação de fertilizantes é a técnica que apresenta resultados mais rápidos e eficientes, em se tratando do aumento de produtividade, sem alterar a área cultivável. Diante da importância conferida aos fertilizantes, este setor está em constante aperfeiçoamento e como alternativa desponta os fertilizantes líquidos. Estes apresentam maior mobilidade no solo, uniformidade na aplicação, facilidade de manuseio e maior rendimento operacional. Entretanto, esta metodologia destaca-se nos Estados Unidos, no Brasil ainda não é muito usual. Neste contexto, este estudo objetiva propor rota de produção para os principais tipos de fertilizantes líquidos nitrogenados, aquamônia e uran, além de avaliar a viabilidade técnica e econômica dos processos, visando incentivar a produção nacional. O estudo de viabilidade técnica baseou-se nos dados obtidos por meio da simulação das plantas no software ChemCad, o qual permite otimizar vazões de correntes e dimensionar equipamentos. Enquanto que a viabilidade econômica fundamentou-se na metodologia proposta pelo autor Richard Turton, por meio do cálculo de capital de investimento inicial e do custo operacional anual. As plantas apresentaram-se viáveis tecnicamente e economicamente para produção anual de 500.000 toneladas, com ponto de equilíbrio em 5% da capacidade máxima de produção. Desta forma, é possível afirmar que a implantação de indústrias de fertilizantes líquidos nitrogenados em território nacional revela-se como alternativa factível e rentável.

Palavras-Chave: fertilizantes líquidos, fertilizantes nitrogenados, viabilidade técnica e econômica, CAPEX, OPEX.

ABSTRACT

Agricultural activity, besides the function of subsistence, influences the economic development of a region. Conjuncture that encourages a more efficient, practical and lower cost production, increase of productivity and profitability of the sector. It is therefore a fertilizer application is one of the most complete and fast, the highest productivity and higher productivity is possible. Given the importance given to fertilizers, this sector is constantly improving and as an alternative to show off liquid fertilizers. These are greater soil mobility, uniformity in application, ease of handling and higher operating efficiency. However, this practice stands out in the US, in Brazil it is still not very usual. This context, this object, proposes a ratnation of production to the main types of nitrogen fertilizers nitrogen, aquamony and uran, addition of evaluate to viability technique and progressive the processes, making in the national production. The technical feasibility study is based on the fact that the backing material is not compatible with ChemCad software, which allows leakage of currents and dimensions. What is a base holiday hypothesis for the proposals for author Richard Turton, by calculating the initial investment capital and the annual operating cost. As the plants are technically feasible and economically viable for the annual production of 500,000 tons, with break even at 5% of the maximum production capacity. In this way, it is possible that an association of fertilizer companies in nitrogen treatment is revealed and disclosed.

Keywords: liquid fertilizers, nitrogen fertilizers, technical and economic feasibility, CAPEX, OPEX

INTRODUÇÃO

A agricultura enquanto conjunto de técnicas para o cultivo de solo, a fim de garantir a subsistência alimentar humana, remonta há pelo menos 10.000 anos a.C. Período no qual os antepassados abdicam do nomadismo e investem esforços no desenvolvimento de técnicas de cultivo buscando a prosperidade dos acampamentos montados. A medida em que os artifícios de plantio foram se aprimorando, adequando-se ao ecossistema da região e proporcionando estabilidade aos primeiros grupos, fundamentou-se a formação das primeiras civilizações (MAZOYER; ROUDART,1997).

O crescimento populacional e o progresso na atividade agrícola juntamente com o excedente na produção implicaram nas primeiras trocas mercantis, prática que agregou valor comercial ao cultivo, incentivando o desenvolvimento da agricultura como atividade econômica (PENA, 2017).

Neste contexto, as transformações do período foram alicerce para chamada Revolução Agrícola. Revolução que se desenvolveu na região do Crescente Fértil com o cultivo de cereais pluviais com alqueive, prática que associava o plantio a pastagens e criação de animais. (SOUSA, 2017). Instrumentos manuais mais elaborados e o uso de tração animal foram incorporados à atividade, facilitando o preparo do solo. Com a evolução das ferramentas e das técnicas de cultivo, em meados do século XVII, na Europa, o sistema de rotação de culturas consagra a primeira revolução agrícola (MAZOYER; ROUDART,1997).

Na segunda metade do século XX, após a Segunda Revolução Industrial, com uma sociedade automatizada, motores e máquinas mais potentes e eficientes, técnicas de correção do solo e seleção de variedades de plantas, fundamentaram a Revolução Agrícola Contemporânea. Este cenário facilitou o escoamento da produção e o abastecimento dos corretivos químicos, removendo as regiões agrícolas do isolamento (MAZOYER; ROUDART,1997).

No decorrer do desenvolvimento da humanidade, foi possível observar que a agricultura era uma ferramenta de influência para mudanças políticas, sociais e culturais, e também era influenciada pelos mesmos fatores (DIAMOND, 2003).

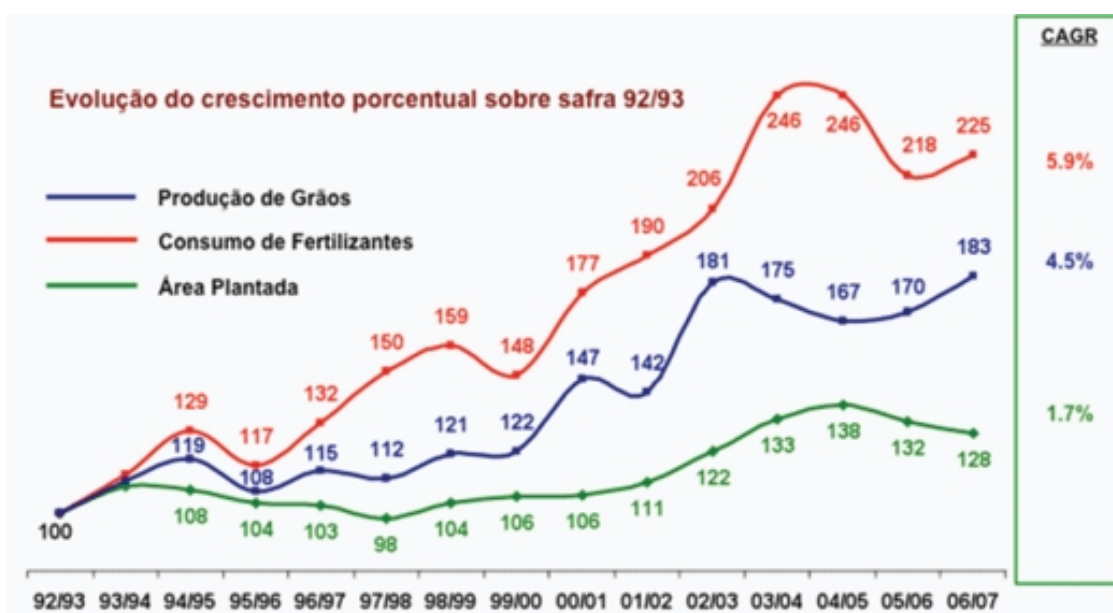
O desenvolvimento da agricultura é função do avanço tecnológico de suas práticas. Além do progresso em maquinário, compreender as necessidades básicas das plantas, valorizar

as relações solo-planta e reconhecer os fatores limitantes são fundamentais para alcançar produtividades satisfatórias (POTAFOS, 1998).

Na conjuntura atual, a preocupação com a produtividade não se limita as questões econômicas, mas retoma a essência da subsistência. A Organização das Nações Unidas (ONU), em uma previsão para 2050, afirma que a população mundial alcançará a marca de 9 bilhões. Considerando o ritmo atual de consumo, em 2050 será necessário 60% a mais de comida, 50% a mais de energia e 40% a mais de água. Dados que influenciam o aumento da eficiência do uso dos recursos naturais (ONU, 2017)

Diante das técnicas de cultivo, os fertilizantes proporcionam resultados mais rápidos em se tratando do aumento de produtividade. Além de conterem o desmatamento e erosão, devido a manutenção das áreas cultivadas, e, conseqüentemente, reduzirem a poluição da água e emissão de gases do efeito estufa. A Figura 1.1 ilustra a relação entre aumento de produtividade proporcionado pelo consumo de fertilizantes sem elevar consideravelmente a área cultivável. É possível observar que à medida em que o consumo de fertilizantes aumentou em 5,9%, a produtividade obteve acréscimo de 4,5%, enquanto que a área plantada 1,7% (CAMARGO, 2012).

Figura 1.1 – Relação entre consumo de fertilizantes, aumento de produtividade e área plantada.



Fonte: ANDA e CONAB

Na agricultura moderna, a fertilidade do solo compõe um sistema dinâmico, no qual os nutrientes são exportados e importados constantemente. No entanto, este processo não ocorre em forma de um sistema fechado, logo, o balanço nutricional torna-se instável e faz-se necessário a reposição das perdas, seja pelo consumo das plantas, lixiviação, erosão ou retenção (POTAFOS, 1998).

O mercado de fertilizantes está em constante aperfeiçoamento, buscando produtos cada vez mais práticos, eficientes e de menor custo. Fundamentando-se na praticidade e eficiência na aplicação, os fertilizantes líquidos estão ganhando espaço.

A fabricação e uso em larga escala de fertilizantes líquidos iniciou-se nos Estados Unidos, em 1923, por meio da dissolução de matérias-primas. No entanto, esta técnica conquistou o mercado americano na década de 60, com maiores desenvolvimentos na produção. Período em que 57% do nitrogênio consumido nos Estados Unidos advém dos fertilizantes fluidos (MALAVOLTA, 1994)

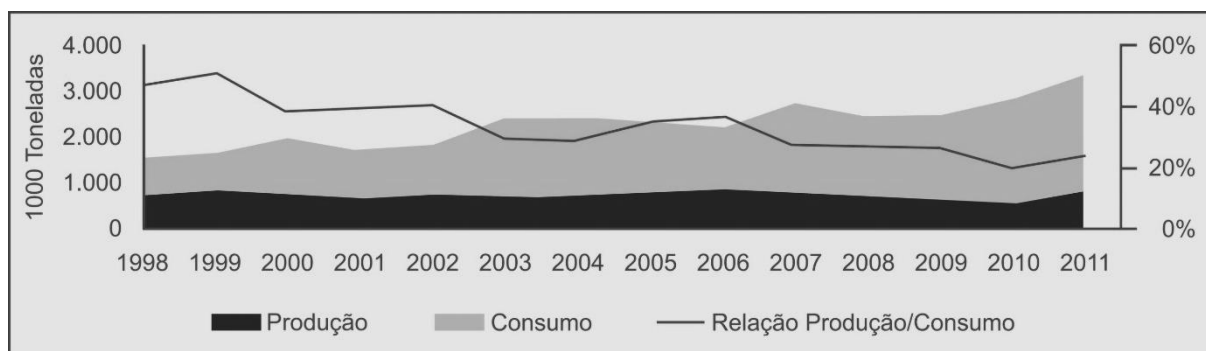
A produção comercial da fertilização na forma líquida no Brasil ocorreu de forma mais tardia, em meados da década de 70, por meio da Ultrafertil S.A. Desde então, o consumo de fertilizantes fluidos tem crescido significativamente, principalmente nas culturas de cana de açúcar, citros, cereais e reflorestamento (MALAVOLTA, 1994).

Os fertilizantes líquidos destacam-se em comparação aos fertilizantes granulados devido a maior mobilidade no solo, uniformidade na aplicação, facilidade de manuseio, possibilidade da incorporação de micronutrientes em suas fórmulas e maior rendimento operacional (ISLEIB, 2016).

No entanto, o fertilizante líquido apresenta algumas restrições que dificultam sua popularidade no cenário agrícola, como contenções de armazenamento, maior custo de aquisição em comparado ao granulado e não há liberação gradual (SILVA, 2012).

O Brasil, como grande produtor agrícola, encontra-se entre os cinco maiores consumidores de fertilizantes potássicos e nitrogenados, em sua maioria, importados. A produção nacional, atualmente, é incapaz de atender à demanda do país. Dados ilustram que a produção, especificamente de nitrogenados, mantém-se constante ao longo dos anos enquanto que o consumo expande-se significativamente, conforme apresentado na Figura 1.2.

Figura 1.2 – Relação entre Produção e Consumo de Fertilizantes Nitrogenados no Brasil



Fonte: IFA, 2012

Segundo Silva (2015), 73% de todo fertilizante nitrogenado consumido no país é importado, enquanto que o cenário para os fosfatos se distancia desta realidade, com uma taxa de importação igual a 24%. Diante desta conjuntura, este estudo objetiva propor rota de produção para os principais tipos de fertilizantes líquidos nitrogenados, aquamônia e uran, além de avaliar a viabilidade técnica e econômica dos processos, visando incentivar a produção nacional.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Nutrição Vegetal

Os vegetais, para um desenvolvimento e crescimento adequado, necessitam de determinados nutrientes inorgânicos, água, luz e oxigênio. Os componentes ambientais são absorvidos pelo sistema radicular, logo, estes devem estar disponíveis na solução do solo para que o seu desenvolvimento não seja comprometido (HILGERT; PES, 2015).

A planta pode desenvolver-se na ausência do solo, desde que certos sais minerais sejam fornecidos, estes são considerados essenciais para a nutrição vegetal. Desta forma, Arnon & Stout (1939) estabeleceram critérios para categorizar um elemento como essencial, como segue:

- O elemento deve estar diretamente envolvido no metabolismo da planta (como constituinte de molécula ou participante de uma reação);
- A planta não é capaz de completar o seu ciclo de vida na ausência deste elemento;
- A função do elemento é específica, ou seja, nenhum outro elemento poderá substituí-lo naquela função.

O elemento que satisfizer os 3 princípios elencados é dito essencial. Estudos definiram os elementos essenciais a nutrição vegetal e estes foram classificados de acordo com sua concentração relativa no tecido ou conforme a concentração requerida para o desenvolvimento adequado da planta. Desta forma, os macronutrientes, presentes em maiores concentrações, essenciais são: *Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Silício, Cálcio, Magnésio e Enxofre*, e, os micronutrientes essenciais são: *Ferro, Cobre, Zinco, Manganês, Molibdênio, Boro, Cloro, Níquel e Sódio* (PINTO, 2003).

O nitrogênio (N) é o macronutriente primário mais exigido pela planta, visto que atua em todas as suas fases (crescimento, floração e frutificação). É responsável pelo crescimento, cor verde escura e desenvolvimento do sistema radicular. Sua deficiência implica em folhas pequenas, caules finos e pouca ramificação. Em contrapartida, seu excesso provoca crescimento acelerado, folhas de cor verde escuro e retardamento da floração (DIAS; FERNANDES, 2006).

O fósforo (P), responsável pela formação do ATP, a principal fonte energética da planta, participa ativamente no metabolismo vegetal, estimula o desenvolvimento das raízes e contribui na formação dos grãos. Sua carência afeta o crescimento da planta, o que implica em necroses nas folhas e pecíolos (SENGIK, 2003).

O potássio (K) favorece a formação de raízes, amadurecimento dos frutos, diminui a perda de água da planta nos períodos secos, provoca o espessamento dos tecidos, conferindo maior resistência ao acamamento e a doenças. A insuficiência deste mineral reduz o crescimento do vegetal, as folhas apresentam manchas necróticas, se tornam recurvadas ou enroladas sobre a face superior (DIAS; FERNANDES, 2006) (SENGIK, 2003).

O enxofre (S) participa da formação de aminoácidos e de proteínas, influencia a síntese de vitaminas e é importante para a nodulação e desenvolvimento radicular. A carência de enxofre assemelha-se muito à deficiência de nitrogênio, a planta apresenta crescimento raquítico e o amarelecimento mais intenso das folhas mais novas (LOUREIRO et al, 2009).

O cálcio (Ca) atua no fortalecimento da planta através do desenvolvimento das raízes e folhas, é necessário na translocação e armazenamento de carboidratos e proteínas, além da manutenção da parede celular. Sua insuficiência implica em um crescimento de forma irregular das folhas e raízes, afetando a absorção de nutrientes e água (SENGIK, 2003).

O magnésio (Mg), com comportamento similar ao do cálcio, é responsável pela transição de fósforo entre ATPs e ADPs, auxiliando na absorção, por compor a molécula de clorofila. A carência de magnésio implica em frutos menores e folhas amareladas (SENGIK, 2003).

O ferro (Fe) atua como catalisador na formação de clorofila e no transporte de oxigênio, participando do desenvolvimento de troncos e raízes. Os sintomas de deficiência aparecem nas folhas mais novas, na forma de uma clorose internerval (LOUREIRO et al, 2009).

O cobre (Cu) é um componente enzimático, essencial à fotossíntese e à produção de clorofila. Sua insuficiência é verificada, primeiramente, nos ramos mais novos, por meio do amarelamento e murchamento das folhas (SENGIK, 2003).

O manganês (Mn) age nos sistemas enzimáticos de planta, sendo importante na fotossíntese e produção de aminoácidos, atuando no processo de decomposição da água e transferência de elétrons. O sintoma de deficiência envolve o amarelecimento das folhas mais novas (SENGIK, 2003).

O zinco (Zn) é fundamental durante o crescimento e desenvolvimento das plantas, atuando na ativação ou inibição de enzimas. Sua carência implica em plantas raquíticas e clorose internerval das folhas (SENGIK, 2003).

O boro (B) confere maior força e resistências aos tecidos vegetais, age no transporte de açúcares pelas membranas e no metabolismo de carboidratos, além de participar no desenvolvimento das folhas e brotos. A insuficiência provoca a morte do broto apical do ramo principal e a seguir dos ramos laterais (LOUREIRO et al, 2009).

O molibdênio (Mo) age na reação de decomposição fotoquímica da água e participa na assimilação de nitratos, sendo importante para fixação dos mesmos no solo (LOUREIRO et al, 2009).

O cobalto (Co) realiza ativação de diversas enzimas e compõe a vitamina B12, a qual executa a fixação simbiótica do nitrogênio. Alterações de concentração implicam em má formação floral e perturbam a absorção de ferro e manganês (LOUREIRO et al, 2009).

2.2. Fertilizantes

2.2.1. Definição

A legislação brasileira, conforme o Decreto nº 86.955, de 18 de fevereiro de 1982, define que os fertilizantes são “substâncias minerais ou orgânicas, naturais ou sintéticas, fornecedoras de um ou mais nutrientes das plantas”. Sua finalidade é incorporar nutrientes ao solo, com intuito de fazer a reposição dos elementos consumidos em cada plantio ou a ampliação do seu potencial produtivo (LIMA, 2007).

2.2.2. Classificação

A composição dos fertilizantes, a origem dos seus elementos químicos e a forma como se apresentam são fatores utilizados para classificação. Desta forma, diante da variabilidade de

tipos de fertilizantes, apresenta-se três principais classificações: quanto ao critério químico, quanto a natureza do nutriente contido e quanto ao critério físico (ROS, 2006).

Segundo o decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, os fertilizantes são especificados quanto ao critério químico como:

- **“Fertilizante Mineral:** produto de natureza fundamentalmente mineral, natural ou sintético, obtido por processo físico, químico ou físico-químico, fornecedor de um ou mais nutrientes de plantas;
 - Fertilizante Mineral Simples: produto formado por um composto químico, contendo um ou mais nutrientes de plantas;
 - Fertilizante Mineral Misto: produto resultante da mistura física de dois ou mais fertilizantes minerais; (Redação dada pelo Decreto nº 8.384, de 2014)
 - Fertilizante Mineral Complexo: produto formado de dois ou mais compostos químicos, resultante da reação química de seus componentes, contendo dois ou mais nutrientes;
- **Fertilizante Orgânico:** produto de natureza fundamentalmente orgânica, obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matérias-primas de origem industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal, enriquecido ou não de nutrientes minerais;
 - Fertilizante Orgânico Simples: produto natural de origem vegetal ou animal, contendo um ou mais nutrientes de plantas;
 - Fertilizante Orgânico Misto: produto de natureza orgânica, resultante da mistura de dois ou mais fertilizantes orgânicos simples, contendo um ou mais nutrientes de plantas;
 - Fertilizante Orgânico Composto: produto obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matéria-prima de origem industrial, urbana ou rural, animal ou vegetal, isoladas ou misturadas, podendo ser enriquecido de nutrientes minerais, princípio ativo ou agente capaz de melhorar suas características físicas, químicas ou biológicas;

- **Fertilizante Organomineral:** produto resultante da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos.”

Os nutrientes que compõe os fertilizantes podem ser classificados quanto a sua natureza de macronutrientes, moléculas essenciais ao vegetal que se apresentam em grande quantidade e possuem função estrutural, e em micronutrientes, dispõem de função reguladora e em menor porção. (CUNHA, 2017).

Os macronutrientes primários e secundários, juntamente com os micronutrientes, segundo o Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, são apresentados como:

- **Macronutrientes Primários:** Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), expressos nas formas de Nitrogênio (N), Pentóxido de Fósforo (P₂O₅) e Óxido de Potássio (K₂O);
- **Macronutrientes Secundários:** Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S), expressos nas formas de Cálcio (Ca) ou Óxido de Cálcio (CaO), Magnésio (Mg) ou Óxido de Magnésio (MgO) e Enxofre (S);
- **Micronutrientes:** Boro (B), Cloro (Cl), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Níquel (Ni), Silício (Si) e Zinco (Zn).

Os fertilizantes minerais, quanto a natureza do nutriente contido, são classificados como, desde que atendam as especificações de porcentagem mínima estabelecida pelo Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004:

- **Macronutrientes primários:** Fertilizantes Nitrogenados, Fosfatados ou Potássicos;
- **Macronutrientes secundários:** Fertilizantes Cálcicos, Magnesianos ou Sulfurados;
- **Micronutrientes:** Fertilizantes com micronutrientes.

De acordo com a legislação brasileira (Decreto nº 4.954/2004), os fertilizantes minerais, quanto a forma física, são especificados como:

- **Sólido:** produto constituído de partículas ou frações sólidas, apresentando-se como se segue:
 - Granulado: grânulos uniformes com diâmetro inferior a 4 mm, podendo haver um máximo de 5% dos grânulos com diâmetro inferior a 0,5 mm;
 - Farelo: grânulos desuniformes, partículas menores que 4,8 mm de diâmetro, e no mínimo 80% das partículas com diâmetro inferior a 2,8 mm, com uma tolerância de 15% para partículas maiores que 4,8 mm de diâmetro;
 - Pó: 95% das partículas menores que 2 mm de diâmetro e no mínimo 50% das partículas menores que 0,3 mm de diâmetro.
- **Líquido:** produto que se apresenta no estado de solução ou suspensão, sendo:
 - Solução Verdadeira: ausência de sólidos suspensos e sem qualquer possibilidade de separação física entre os componentes;
 - Suspensão Homogênea: dispersões compostas de uma fase líquida, que é uma solução verdadeira ou apenas um dispersante, e outra fase de sólidos em suspensão, mas que fica homogeneamente dispersa na fase líquida;
 - Suspensão Heterogênea: dispersões compostas de pelo menos uma fase líquida predominante, que é uma solução verdadeira ou apenas um dispersante, e uma ou mais fases de sólidos em suspensão, que só ficam homogeneamente dispersas na fase líquida sob vigorosa agitação; cessando agitação pode ocorrer rápida separação de fases.

2.3. Fertilizantes Líquidos Nitrogenados

Os fertilizantes sólidos foram exclusividade até 1950, devido as características de menor custo de produção, maiores concentrações de nutrientes e a facilidade em fazer fertilizantes compostos. No entanto, desde este período, os fertilizantes líquidos vêm conquistando mercado e tornando-se competitivos. Particularmente, no Estados Unidos,

métodos de produção modernos reduziram os custos de produção para fertilizantes líquidos, tornando-os populares no país (BASF, 2007).

Dentre os fertilizantes líquidos nitrogenados, o primeiro foi a aplicação direta de amônia líquida, em 1950, especialmente nos Estados Unidos. Este destacou-se pelo baixo custo de produção em grande escala, no entanto, a dificuldade no transporte, armazenamento e aplicação, devido a elevada pressão de vapor, inviabilizou sua utilização (BASF, 2007).

Desta forma, com intuito de viabilizar a aplicação direta da amônia líquida, surge a aquamônia. Esta consiste na hidratação da amônia anidra, que fornece um produto de baixa pressão de vapor, característica que implica na redução dos custos de manuseio. A aquamônia se mantém no mercado até os dias atuais, sendo amplamente utilizada nas culturas de cana-de-açúcar (ANDRADE, 2000).

Seguindo a linha de desenvolvimento dos fertilizantes líquidos nitrogenados, inicia-se a técnica de solubilização de produto sólido, como o caso do nitrato de amônio e a ureia. A concentração de nitrogênio destas soluções equiparava-se a concentração da aquamônia, em torno de 20%, e foram utilizadas amplamente (BASF, 2007).

Baseado na técnica de solubilização, surgiu a solução de Uran, a qual consiste na dissolução conjunta de nitrato de amônio e ureia. Esta solução, devido aos efeitos termodinâmicos, apresenta concentração máxima de 32% de nitrogênio total, sendo a solução nitrogenada não pressurizada de maior concentração (BASF, 2007).

A Figura 2.3.1 mostra o consumo de nitrogênio na forma líquida pelos principais países até o ano de 1997. É possível observar que a aplicação direta de amônia líquida cedeu espaço para as demais soluções nitrogenadas. Nos Estados Unidos, o uso de nitrogênio líquido é maior que sólido, fato que ilustra a popularidade dos fertilizantes líquidos já descrita.

Figura 2.3.1 – Consumo de Fertilizante Líquido por País

Country and fertilizer year *	Liquid ammonia direct application		Nitrogen solutions		Total liquids	
	10 ³ t N	%	10 ³ t N	%	10 ³ t N	%
World						
1985/86	5022.2	7.13	3811.1	5.41	8833.3	12.54
1993/94	5052.4	6.97	3801.9	5.24	8854.3	12.21
1994/95	4122.8	5.69	3794.3	5.24	7917.1	10.93
1995/96	4649.2	5.92	4013.6	5.11	8662.8	11.03
1996/97 **	4688.1	5.67	4097.0	4.96	8785.1	10.63
United States						
1985/86	3400.5	35.96	1887.6	19.96	5288.1	55.92
1993/94	4116.3	35.89	2543.0	22.17	6659.3	58.06
1994/95	3308.7	31.12	2514.0	23.65	5822.7	54.77
1995/96	3693.6	33.09	2642.8	23.68	6336.4	56.77
1996/97 **	3651.6	32.65	2651.3	23.71	6302.9	56.36
Germany						
1985/86	15.0	0.66	65.0	2.84	80.0	3.50
1993/94	0.0	0.00	205.0	12.72	205.0	12.72
1994/95	0.0	0.00	226.0	12.65	226.0	12.65
1995/96	0.0	0.00	282.0	15.93	282.0	15.93
1996/97 **	0.0	0.00	290.0	16.53	290.0	16.53
France						
1985/86	31.0	1.29	482.0	20.02	513.0	21.31
1993/94	37.0	1.67	560.0	25.20	597.0	26.87
1994/95	35.7	1.55	566.4	24.54	602.1	26.09
1995/96	42.7	1.79	577.0	24.13	619.7	25.92
1996/97 **	44.8	1.78	643.2	25.48	688.0	27.26
Denmark						
1985/86	102.0	26.69	0.0	0.00	102.0	26.69
1993/94	0.0	0.00	4.0	1.23	4.0	1.23
1994/95	0.0	0.00	6.0	1.90	6.0	1.90
1995/96	18.0	6.19	7.0	2.41	25.0	8.60
1996/97 **	17.0	5.94	7.0	2.45	24.0	8.39

Fonte: Fertilizers

2.3.1. Aquamônia

Aquamônia é um fertilizante líquido produzido por meio da hidratação da amônia anidra, que resulta em um produto com concentração em torno de 20% de nitrogênio, na forma amoniacal. Esta técnica surgiu com o intuito de tornar o uso de amônia anidra mais seguro, visto que as propriedades apresentadas pela amônia anidra inviabilizavam sua aplicação direta, devido a inflamabilidade em contato com ar e ao difícil armazenamento e manipulação (BOARETTO et al., 1991).

As propriedades apresentadas pela aquamônia, como pressão de vapor relativamente baixa, atribui inúmeras vantagens ao seu uso como: possibilidade de aplicação direta, uso de

equipamentos de armazenamento e transporte não pressurizados, e taxa de trabalho de aplicação mais eficiente, visto que permite injeção mais superficial (QUARMBY, 1991).

No Brasil, a aquamônia destacou-se como principal fonte de nitrogênio desde o início da produção de fertilizantes líquidos no país. Além das vantagens de aplicação e armazenagem, esta apresenta maior eficiência e maior aproveitamento do nitrogênio quando comparada com a ureia, em todas as situações testadas (ANDRADE, 2000).

A solução de aquamônia consiste em uma solução saturada de amônia anidra na água, em que, devido à baixa pressão de vapor, vaporiza o excesso de amônia anidra para atmosfera atingindo o equilíbrio entre as fases. No entanto, este fato torna a concentração máxima de amônia anidra solubilizada dependente da temperatura, ou seja, das condições climáticas do local. A Tabela 2.3.1 apresenta a relação entre pressão de vapor, temperatura e concentração para aquamônia.

Tabela 2.3.1 – Relação Pressão de Vapor – Temperatura – Concentração Aquamônia

CONCENTRAÇÃO AMÔNIA (%)	TEMPERATURA (°C)				
	0	10	20	30	40
0	0.01	0.01	0.02	0.04	0.02
5	0.02	0.03	0.05	0.07	0.11
10	0.04	0.07	0.10	0.14	0.19
15	0.07	0.12	0.18	0.26	0.37
20	0.12	0.20	0.31	0.46	0.70
25	0.20	0.33	0.50	0.77	1.17
30	0.33	0.52	0.78	1.19	1.70
35	0.49	0.78	1.18	1.74	--
40	0.66	1.14	--	--	--

Fonte: Quarmbi – Modificado

2.3.1.1. Processo Produtivo Aquamônia

O processo de produção da aquamônia consiste no borbulhamento constante de amônia anidra em água até a solução atingir a saturação. A mistura é exotérmica, o que eleva a

temperatura e a pressão de vapor da solução, fazendo-se necessário o uso de um trocador de calor para retorna-la à temperatura ambiente. Desta forma, é possível afirmar que o processo é função do controle de temperatura e pressão de vapor para garantir que o produto final atenda as especificações (QUARMBY, 1991).

O equipamento utilizado no processo de conversão é bem simples, chamado aqua verter, consiste em um dispositivo de mistura em linha, no qual um tubo de aspersão é colocado dentro de um tubo maior e o elemento de mistura estático (QUARMBY, 1991).

A amônia líquida é alimentada ao misturador por meio de uma válvula de controle, a qual equaliza a pressão da amônia com a da linha, visto que a amônia vinda direto do tanque apresenta pressão superior à pressão ambiente. A água é bombeada para o processo através de uma válvula de retenção, com intuito de evitar refluxo. À medida que os reagentes são misturados, a temperatura do produto eleva-se, sendo este um parâmetro usado pelo circuito de controle como uma indicação do ajuste correto de vazão de água do processo. A Tabela 2.3.2 apresenta o aumento de temperatura em função do grau de conversão em um processo adiabático (QUARMBY, 1991).

Tabela 2.3.2 – Aumento da temperatura em função da conversão de aquamônia

CONCENTRAÇÃO AMÔNIA (%)	AUMENTO TEMPERATURA (°C)
5	8
10	16
15	25
20	33
25	40
30	46
35	50
40	53

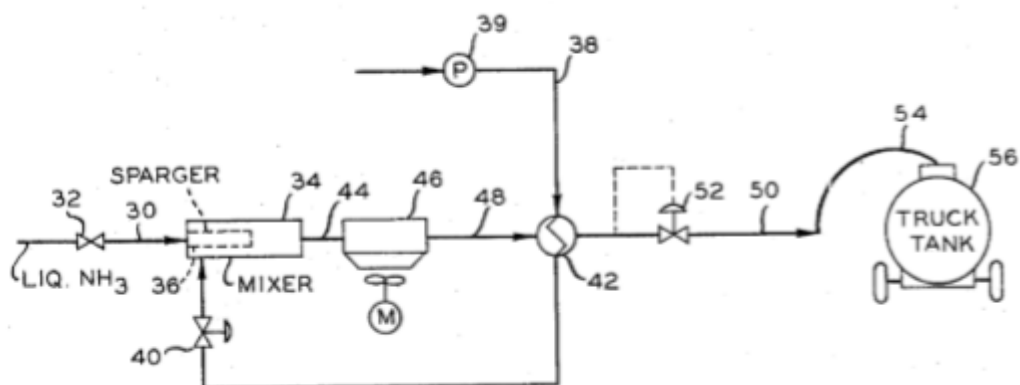
Fonte: Quarmbi – Modificado

Instrumentos de temperatura podem ser instalados antes e depois do misturador para acompanhar o grau de conversão do processo. A aquamônia quente, ao deixar o misturador, passa por um resfriador, no qual é levada à temperatura ambiente e, em seguida, ao tanque de armazenamento. É essencial que o sistema de armazenagem possua uma válvula de alívio para

retirada do vapor que é formado ao atingir o equilíbrio de fases, o qual é retornado ao processo por meio de um reciclo (QUARMBY, 1991).

O processo da aquamônia é descrito na Figura 2.3.2, segundo proposto pela patente registrada de produção.

Figura 2.3.2 – Processo produtivo da Aquamônia.



Fonte: Quarmby

2.3.2. Uran

Uran é um fertilizante líquido nitrogenado não pressurizado, ou seja, não apresenta pressão de vapor significativa a temperatura ambiente, o que diminui perdas por volatilização e torna o manuseio mais seguro. Usualmente é encontrado nas composições de 28-00-00, 30-00-00 e 32-00-00, sua obtenção provém da dissolução a quente entre ureia e nitrato de amônio (BAUMGARTNER; SEMPIONATO, 1999). A Tabela 2.3.3. apresenta a proporção de cada matéria-prima para cada composição de Uran.

Tabela 2.3.3 – Proporção Ureia - Nitrato de Amônio – Água

SOLUÇÕES DE URAN			
COMPOSIÇÃO	28% de N	30% de N	32% de N
UREIA	30,0%	32,7%	35,4%
NITRATO DE AMÔNIO	40,1%	42,2%	44,3%
ÁGUA	29,9%	25,1%	20,3%

Fonte: Manual de Fertilizantes Fluidos

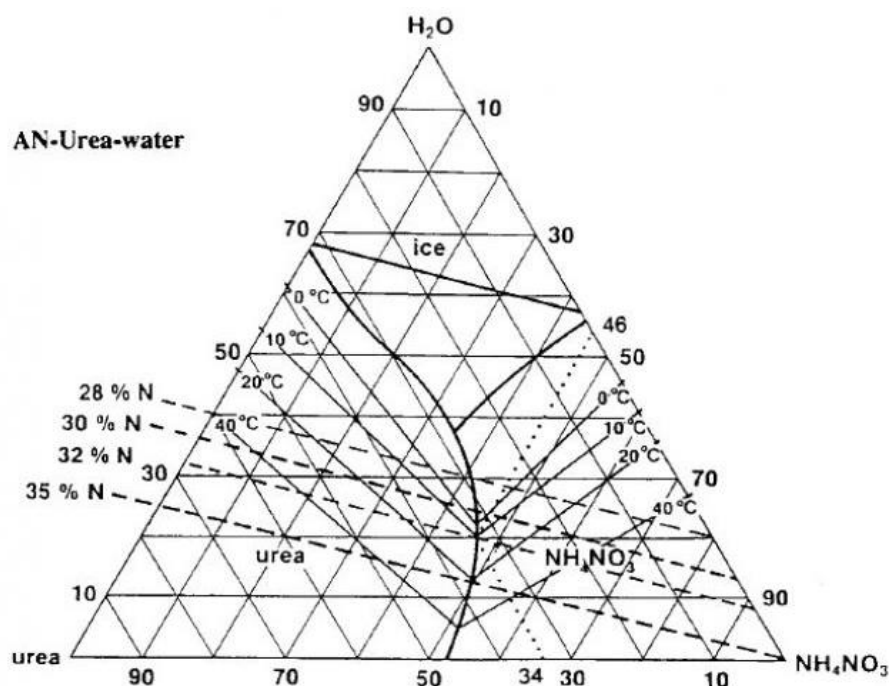
Diante das propriedades químicas que a solução de Uran apresenta, esta é compatível com diversos nutrientes, permitindo a adição de micronutrientes em sua composição e a mistura com soluções de fósforo e potássio, além da aplicação conjunta de defensivos químicos agrícolas. A aplicação deste produto possibilita a injeção concentrada no solo abaixo da superfície ou a pulverização direta nas folhas com a devida diluição (IPNI).

Contudo, a composição máxima de nitrogênio na solução de Uran é possível devido a um efeito termodinâmico chamado “Salting-out”. Este efeito é responsável por aumentar a solubilidade da solução quando dois constituintes inorgânicos são dissolvidos simultaneamente no mesmo ambiente (KRISHNAMURTHY, 2009).

O efeito de salting-out na solução de Uran é comprovado quando se compara a solubilidade de ureia e nitrato de amônio separadamente. Visto que a solução saturada de ureia apresenta composição máxima de 25% de nitrogênio, o nitrato de amônio é capaz de solubilizar no máximo 23% de nitrogênio, enquanto que, a solução saturada de Uran apresenta composição máxima de 32% de nitrogênio (BAUMGARTNER; SEMPIONATO, 1999).

A Figura 2.3.3 apresenta o diagrama ternário de solubilidade para solução de Uran, a partir do qual é possível determinar a fração solubilizada de cada matéria-prima em função da temperatura de solubilização.

Figura 2.3.3 - Diagrama de Solubilidade Ureia-Nitrato de Amônio-Água



Fonte: UreaKnow.com

O produto Uran, além de possuir elevado teor de nitrogênio em sua composição, apresenta-o em suas três formas assimiláveis pela planta (amídica, nítrica e amoniacal), fatos responsáveis por tamanha popularidade ao produto. Considerando o produto com 32% de nitrogênio total, este apresenta 14% do nitrogênio total na forma amídica (advinda da ureia), 9% do nitrogênio total na forma amoniacal (NH_4^+) e 9% do nitrogênio total na forma nítrica (NO_3^- , advinda do nitrato de amônio). A Tabela 2.3.4 mostra as formas assimiláveis que cada fertilizante nitrogenado fornece a planta (MAÇÃS, 2008).

Tabela 2.3.4 – Forma do Nitrogênio em cada fertilizante

FERTILIZANTE	FORMA DO NITROGÊNIO
UREIA	Amídica
NITRATO DE AMÔNIO	Amoniacal e Nítrica
SULFATO DE AMÔNIO	Amoniacal
NITROCÁLCIO	Amoniacal e Nítrica
DAP	Amoniacal
MAP	Amoniacal
AMÔNIA ANIDRA	Amoniacal
URAN	Amídica, Amoniacal e Nítrica
NITRATO DE SÓDIO	Nítrica
NITRATO DE POTÁSSIO	Nítrica
NITROSULFATO	Amoniacal

Fonte: Maças - Modificado

No Brasil, o fertilizante Uran ganhou destaque nas culturas de cana de açúcar, citros e café, principalmente no estado de São Paulo. Considerando escala global, os Estados Unidos foram pioneiros em sua aplicação, sendo até na conjuntura atual os maiores consumidores desta fonte de fertilizante fluido. Na América Latina, a Argentina apresenta-se como maior consumidora seguida do Uruguai (MELGAR; DUGGAN, 2014).

2.3.2.1. Processo Produtivo Uran

A produção de Uran pode ocorrer de duas formas: batelada ou contínua, visto que a base do processo consiste na solubilização das matérias-primas. No processo em batelada, os sólidos

(ureia e nitrato de amônio) são pesados e adicionados ao tanque de mistura, em seguida, a água é adicionada e ao atingir a solubilização completa o produto segue para a estocagem. O processo contínuo diferencia-se apenas no sentido que alimentação dos sólidos e água ocorre de forma contínua em uma série de misturadores estáticos de tamanho apropriado (UNIDO; IFDC, 1979).

Recomenda-se a utilização de água quente no processo, com intuito de acelerar a dissolução. Geralmente, é fornecido calor para que todos os materiais sólidos sejam solubilizados no período de tempo de 30 minutos. Na solução também é adicionado um inibidor de corrosão a fim de evitar danos ao tanque de armazenamento. Os inibidores comuns são: amônia anidra, a qual contribui para o ajuste do pH; fosfato de amônio, que reage com o tanque de aço maciço e forma um filme de proteção contra corrosão; outros inibidores podem ser encontrados no manual de especialidades químicas (UNIDO; IFDC, 1979).

2.4. Viabilidade Técnica

A viabilidade técnica de um projeto é definida pelos aspectos técnicos do processo produtivo. Considera-se a rota de produção, arranjo físico dos equipamentos, expansão futura e evoluções tecnológicas (WOILER; MATHIAS, 2007).

Segundo Finnerty (1999), um extenso trabalho de engenharia deve ser realizado para verificar os processos tecnológicos e o projeto da instalação proposta. É desejável que não haja previsão de grandes mudanças tecnológicas a médio prazo, o que influi na escolha da tecnologia e equipamentos, e, que o impacto de uma expansão futura seja contabilizado nas projeções financeiras originais.

Desta forma, neste ponto do projeto é importante avaliar a tecnologia do processo produtivo, a produção desejada, bem como a projeção de venda.

2.5. Viabilidade Econômica

A viabilidade econômica de um projeto consiste na avaliação do fluxo de caixa, entrada e saída de capital, do início ao fim do projeto. É fundamental para a viabilidade que este fluxo

de caixa seja positivo e que o retorno do capital investido seja superior as despesas e o lucro no tempo presente (SILVA, 2005).

Turton (2009), em seu livro *Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes*, propôs uma metodologia que é eficiente na estimativa de custos de implantação e operação de plantas químicas, CAPEX e OPEX, respectivamente.

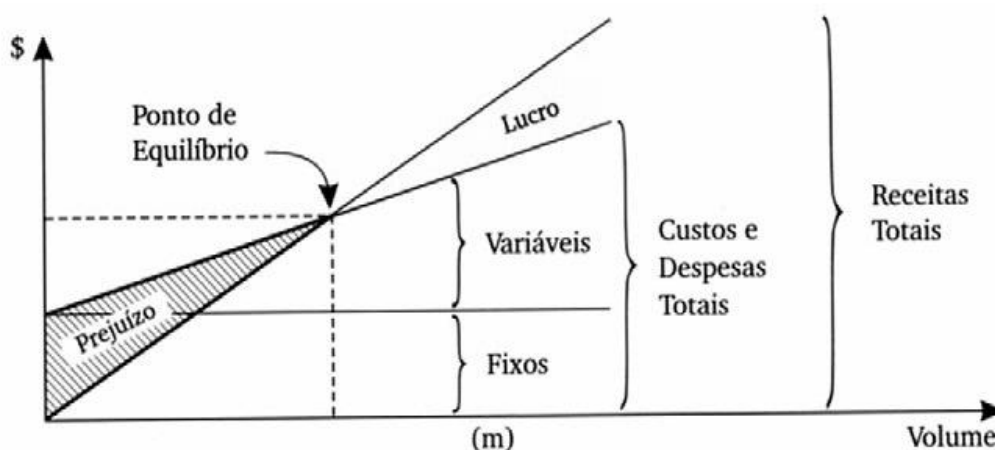
Fundamentando-se nos dados obtidos por meio do cálculo de CAPEX e OPEX é possível avaliar a viabilidade econômica do projeto.

2.6. Ponto de Equilíbrio

O Ponto de Equilíbrio, ou ponto de ruptura, é o ponto de operação em que não é gerado lucro à empresa. Nesta condição, toda a receita gerada é equivalente as despesas fixas e variáveis (PAULA, 2014).

Este é um indicador para avaliar se a operação da planta aplicará em lucro ou prejuízo. Martins (2010) ilustrou o ponto de equilíbrio em forma de gráfico, como mostra a figura 2.3.4.

Figura 2.6.1 – Localização do Ponto de Equilíbrio



Fonte: Martins, 2010

2.7. Métodos Quantitativos para Análise de Investimentos

A análise de investimentos consiste em técnicas que quantificam a viabilidade econômica de um projeto. Estas medidas orientam os analistas a determinar se o projeto

analisado satisfaz os padrões estabelecidos pela empresa, além de classificar a atratividade do investimento (STRACHOSKI, 2011).

As variáveis fundamentais para análise de investimentos são: valor presente líquido, índice de lucratividade, taxa interna de retorno e o payback.

2.7.1. Valor Presente Líquido

O Valor Presente Líquido (VPL) é o valor presente do fluxo de caixa líquido, o qual representa a diferença entre as entradas e saídas de caixa. Este método pondera as compensações do fluxo de caixa, permitindo determinar a natureza da operação econômica envolvida (SANTOS, 2001).

O Valor Presente Líquido pode ser calculado pela equação 2.7.1, em que o resultado obtido deve ser analisado de forma que o projeto seja capaz de recuperar o dispêndio original, obter o padrão de retorno desejado sobre o saldo pendente e fornecer uma base de apoio ao valor econômico excedente (HELFERT, 1997)

Desta maneira, avalia-se o Valor Presente Líquido com os seguintes parâmetros:

- $VPL > 0$, implica que o projeto deve ser aceito, visto que o padrão de ganho foi superado e resultará em um saldo positivo;
- $VPL = 0$, o projeto é indiferente;
- $VPL < 0$, sugere o projeto não deve ser aceito, pois não está alcançando o padrão de ganhos e, assim, provocará uma perda de capital se implementado.

$$VPL = -FC_0 + \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^n} \quad (2.7.1)$$

Em que,

FC_0 – Fluxo de Caixa Inicial

FC_j – Fluxo de Caixa Futuro por Período de Tempo

i – Taxa Mínima de Atratividade

n – Período de Tempo de Validade do Projeto

2.7.2. Índice de Lucratividade

O Índice de Lucratividade (IL) é um método utilizado para aceitação ou rejeição dos projetos, em que é medido por meio da relação entre o valor presente dos fluxos de caixa positivos e o valor presente dos fluxos de caixa negativos, usando-se como taxa de desconto a taxa mínima de atratividade do projeto (KASSAI et al., 2000).

Este indicador é calculado conforme ilustrado pela equação 2.7.2 e apresenta relação direta com o Valor Presente Líquido, o que permite que o mesmo possa ser avaliado de forma semelhante, de maneira que se o valor presente líquido de um projeto for positivo, o IL será maior que 1 e, conseqüentemente, se o valor presente líquido for negativo, o projeto terá um IL menor que 1 (KASSAI et al., 2000).

- $IL > 1$ – o projeto deve ser aceito;
- $IL = 1$ – o projeto é indiferente;
- $IL < 1$ – o projeto não deve ser aceito.

$$IL = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j}}{FC_0} \quad (2.7.2)$$

Em que,

FC_0 – Fluxo de Caixa Inicial

FC_j – Fluxo de Caixa Futuro por Período de Tempo

i – Taxa Mínima de Atratividade

n – Período de Tempo de Validade do Projeto

2.7.3. Taxa Interna de Retorno

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é um índice relativo que mede a rentabilidade do investimento por unidade de tempo, em que representa a taxa de desconto que iguala

os fluxos de entrada com os de saída de caixa. Isto é, a Taxa Interna de Retorno produz um Valor Presente Líquido igual a zero (MOTTA e CALÔBA, 2002).

O cálculo da Taxa Interna de Retorno é realizado como apresentado pela equação 2.7.3 e a análise de decisão através da Taxa Interna de Retorno deve ser comparada com a Taxa Mínima de Atratividade, de forma que

- $TIR > TMA$ – o projeto deve ser aceito, visto que o projeto apresentará um Valor Presente Líquido positivo;
- $TIR = TMA$ – o projeto é indiferente;
- $TIR < TMA$ – o projeto não deve ser aceito.

$$0 = -FC_0 + \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} \quad (2.7.3)$$

Em que,

FC_0 – Fluxo de Caixa Inicial

FC_j – Fluxo de Caixa Futuro por Período de Tempo

i – Taxa Interna de Retorno

n – Período de Tempo de Validade do Projeto

2.7.4. Payback

O Payback é um indicador de risco, pois ilustra o tempo de viabilidade mínima do projeto. Isto é, este método determina o período de recuperação do capital inicial investido por meio dos fluxos líquidos de caixa (KASSAI et al., 2000).

Contudo, o Payback não é definido como uma alternativa para decisão sobre investimento, mas apresenta papel fundamental para efetivação do projeto. É um meio que permite o investidor avaliar a maturidade do projeto, juntamente com o período de exposição ao risco.

O cálculo do Payback é representado pela equação 2.7.4, em que é satisfatório que o período de tempo seja o menor possível.

$$PB = \frac{FC_0}{FC_j} \quad (2.7.4)$$

Em que

FC_0 – Fluxo de Caixa Inicial

FC_j – Fluxo de Caixa Futuro por Período de Tempo

METODOLOGIA

O presente trabalho objetiva realizar um estudo de viabilidade técnica e econômica da implantação de uma fábrica de fertilizantes líquidos nitrogenados para uma planta de aquamônia e outra de urânio, em que será avaliado os custos de investimento inicial (CAPEX), os custos operacionais (OPEX) e o ponto de equilíbrio de cada planta.

O estudo de viabilidade baseou-se nos dados obtidos por meio da simulação das plantas no software ChemCad. O software consiste em um simulador de processos químicos, o qual permite otimizar vazões de correntes, dimensionar equipamentos e calcular correntes de utilidades.

O cálculo dos custos de investimento inicial e operacional baseou-se na metodologia proposta pelo autor Richard Turton, em seu livro *Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes*.

O estudo de estimativa de custo de capital de investimento apresenta cinco classes, as quais são diferenciadas pelo nível de custo e precisão do projeto, sendo:

- Classe 1 – Estimativa Detalhada
- Classe 2 – Estimativa Definitiva
- Classe 3 – Estimativa Preliminar
- Classe 4 – Estudo de Estimativa
- Classe 5 – Estimativa de Ordem de Grandeza

De maneira que a Classe 1 é a mais precisa, com maior conteúdo de informações do projeto e, conseqüentemente, que apresenta maior custo, enquanto que a Classe 5 ilustra menor precisão e custo.

Este estudo, concentrou-se no Estudo de Estimativa, o qual exibe uma precisão de 30% e utiliza informações dos principais equipamentos do projeto, de forma que estes são dimensionados grosseiramente e os custos obtidos de gráficos generalizados de custos.

3.1. Custo de Investimento Inicial (CAPEX)

CAPEX, do inglês *Capital Expenditures*, designa os recursos necessários na melhoria e aquisição de bens de capital de uma determinada empresa. É o custo de investimento despendido em equipamentos e instalações essenciais para a produção de determinado produto (MARAR, 2011).

A metodologia proposta por Turton (2009), para definição do custo de investimento inicial para uma planta nova, não avalia apenas os custos de aquisição de equipamentos, bem como os custos diretos e indiretos envolvidos no projeto. Como materiais necessários para a instalação, mão de obra para instalação de equipamentos, frete, seguro, impostos, despesas gerais de construção, despesas com engenharia, contingência e utilidades.

O Apêndice A, do livro *Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes*, apresenta uma variedade de dados de custo de equipamentos comuns de processamento de gás/líquido. Os dados que compõe o apêndice foram compilados em 2001 na chamada “condição base”, em que os equipamentos são construídos em aço carbono e para operar na pressão ambiente.

Desta forma, adotando a metodologia de Turton (2009), o custo de uma planta nova (C_{GR}) é calculado pela equação 3.1, a qual leva em consideração os gastos com contingências e instalações auxiliares.

$$C_{GR} = 1,18 \sum_{i=1}^n C_{BM,i} + 0,5 \sum_{i=1}^n C_{BM,i}^0 \quad (3.1)$$

Em que “n” representa o número de equipamentos da planta, $C_{BM,i}$ representa o custo do módulo nas condições de operação e de materiais de construção e $C_{BM,i}^0$ representa o custo do módulo nas condições base.

O custo do módulo de equipamento nas condições de operação ($C_{BM,i}$) é a soma dos custos diretos e indiretos que afetam os custos associados à avaliação do custo de capital das fábricas de produtos químicos. O equacionamento deste custo é dependente do tipo de equipamento, como representado na Tabela 3.1

Tabela 3.1 – Equacionamento Custo de Módulo para cada Equipamento

EQUIPAMENTO	CUSTO DO MÓDULO DE EQUIPAMENTO
Evaporadores E Ventiladores	$C_{BM,i} = F_{BM} F_P C_p^0$
Aquecedores E Fornalhas	$C_{BM,i} = F_{BM} F_P F_T C_p^0$, em que $F_T = 1 + 0,00184\Delta T - 0,00000335\Delta T^2$
Pratos Perfurados, Pratos	$C_{BM,i} = N F_{BM} F_q C_p^0$, em que N é o número de pratos $\log F_q = 0.4771 + 0.08561 \log N - 0.3473 \log N^2$ $F_q = 1, \quad N \geq 20$
Demais	$C_{BM,i} = F_{BM} C_p^0$

Seja F_{BM} o fator de custo do módulo, o qual considera dos fatores que afetam os custos associados à avaliação do custo de capital mais os materiais específicos de construção e de pressão de operação, e C_p^0 o custo de aquisição nas condições base (equipamento fabricado em aço carbono e operando a pressões próximas da atmosférica).

O cálculo do fator de custo do módulo (F_{BM}) é dependente do tipo de equipamento. Para os equipamentos como trocador de calor, vasos e bombas, este é correlacionado com outros dois parâmetros, B_1 e B_2 , ajustados experimentalmente, disponíveis no Apêndice A, do livro *Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes*, na Figura A.3.2, com Fator de Pressão (F_P) e com Fator de Material (F_M), como ilustra a equação 3.3.

$$F_{BM} = B_1 + F_P F_M B_2 \quad (3.2)$$

O fator de material (F_M) é igual a 1, condição em que o equipamento é construído em aço carbono (condição base), enquanto que para outros materiais de construção este encontra-se tabelado no Apêndice A, do livro *Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes*, na Figura A.19.

O fator de pressão (F_P) é igual a 1, condição próxima à atmosférica (condição base), ao passo que para as demais condições, este é obtido por meio da expressão geral representada pela equação 3.3, salvo exceção para vasos de processo.

$$\log F_P = C_1 + C_2 \log P + C_3 (\log P)^2 \quad (3.3)$$

Em que as constantes C_1 , C_2 e C_3 são tabeladas de acordo com a especificação do equipamento no Apêndice A, do livro *Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes*, na Figura A.2.

Para os vasos de processo, o fator de pressão é calculado baseado no código ASME. Utilizando as condições do material base (aço carbono), as quais consistem em uma tensão máxima permitida de 944 bar, uma eficiência de solda de 0,9, uma espessura de vaso mínima permitida de 0,0063 m (1/4 de polegada) e uma tolerância de corrosão de 0,00315 m (1/8 de polegada), obtém-se a expressão ilustrada pela equação 3.4.

$$F_P = \frac{\frac{(P + 1)D}{2[850 - 0,6(P + 1)]} + 0,00315}{0,0063} \quad (3.4)$$

Em que D é o diâmetros do vaso, em metros, e P é a pressão de operação, em bar.

O custo de aquisição nas condições base (C_p^0) é calculado por meio dos dados compilados pelo autor baseado na expressão geral, representada pela equação 3.5:

$$\log C_p^0 = K_1 + CK_2 \log A + K_3 (\log A)^2 \quad (3.5)$$

Em que A é o parâmetro de capacidade ou tamanho do equipamento, os dados para K_1 , K_2 e K_3 , juntamente com os valores máximo e mínimo usados na correlação, são fornecidos na Tabela A.1, do Apêndice A, do livro *Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes*.

No entanto, os dados são baseados no ano de 2001, para que a estimativa de custo esteja mais próxima possível do real, deve-se levar em consideração o efeito do tempo, ou seja, contabilizar a inflação no período de tempo desejado.

Desta forma, o Índice de Custo de Planta de Engenharia Química (CEPCI) é uma ferramenta importante que ajusta os custos de construção de planta de processo de um período para outro. Este índice é composto por um conjunto de quatro sub-índices: Equipamento, Trabalho de Construção, Edifícios, Engenharia e Supervisão, sendo ajustado anualmente.

Logo, o efeito do tempo é contabilizado pela equação 3.6, em que C é o custo de compra, I é o índice de custo no tempo, o sobrescrito 1 representa o tempo conhecido e o sobrescrito 2 o tempo desejado.

$$C_2 = C_1 \left(\frac{I_2}{I_1} \right) \quad (3.6)$$

A Tabela 3.2 ilustra os dados do Índice de Custo de Planta de Engenharia Química (CEPCI) para os anos necessários no cálculo desenvolvido.

Tabela 3.2 - Índice de Custo de Planta de Engenharia Química

ANO	CEPCI
2001	397
2017	568

3.2. Custo Operacional (OPEX)

OPEX, do inglês, Operational Expenditure, é o capital despendido para contínua operação da fábrica. No geral, são custos relacionados de forma direta e fixa à manufatura, e despesas gerais (TURTON, 2009).

A metodologia proposta por Turton (2009), estima que o custo operacional de uma planta (COM) seja calculado a partir de outros custos contínuos, como ilustrado pela expressão 3.7. Este cálculo contabiliza uma depreciação definida em 0.10 do custo fixo de capital de investimento.

$$COM = 1.23(C_{RM} + C_{WT} + C_{UT}) + 2.73C_{OL} + 0.280FCI \quad (3.7)$$

Em que, C_{RM} é o custo de matéria-prima, C_{WT} é o custo do tratamento de resíduos, C_{UT} é o custo de utilidades, C_{OL} é o custo com operadores e FCI é o custo fixo de capital de investimento.

O custo com matéria-prima (C_{RM}) é baseado no fluxograma do processo, o qual fornece os dados do balanço de massa para produção estipulada. Os preços das matérias-primas necessárias podem ser consultados no *Chemical Market Report*, página da internet.

O custo do tratamento de resíduos (C_{WT}) e o custo de utilidades (C_{UT}) foram estimados pelo autor e encontram-se listados na Tabela 8.3, do livro *Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes*.

O custo com operadores (C_{OL}) baseia-se, inicialmente, na determinação do número de operadores necessários por turno. Alkayat e Gerrard (1984) propuseram um método que estima quantos operadores são necessários por turno para todas as tarefas, como ilustrado na equação 3.8.

$$N_{OL} = (6.29 + 31.7P^2 + 0.23N_{NP})^{0.5} \quad (3.8)$$

Em que, P é número de passos envolvidos no manuseio de particulados sólidos e N_{NP} é número de equipamentos envolvidos no processo, excetuando vasos e bombas.

No entanto, considerando que a planta opere 3 turnos por dia, 365 dias por ano e que são trabalhadas 48 semanas por ano, visto que 4 semanas equivalem ao período de férias regulamentado pelo Ministério do Trabalho, são necessários 4,6 operadores por ano para cada operador estimado no cálculo anterior.

Por conseguinte, o custo de operadores resume-se a expressão 3.9, na qual C é custo da hora de um operador industrial e N_{OL} é o número de operadores por turno.

$$C_{OL} = 4,6. C. N_{OL} \quad (3.9)$$

RESULTADOS

A determinação do volume produtivo do projeto deve ocorrer nos momentos iniciais do estudo, visto que as análises de viabilidade técnica e econômica são fundamentalmente condicionadas à capacidade produtiva da planta. Desta forma, foram desenvolvidos estudos para produção anual de 100.000 toneladas e 500.000 toneladas, em ambos projetos.

As plantas foram dimensionadas e avaliadas em termos de investimento inicial (CAPEX) para as duas capacidades produtivas propostas, no intuito de definir a produção que apresentaria maior viabilidade, e, conseqüentemente, detalhar seus cálculos neste trabalho. Conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – CAPEX para Capacidade Produtiva de 100.000 t/ano e 500.000 t/ano

PLANTA	CAPEX	
	100.000 t/ano	500.000 t/ano
AQUAMÔNIA	\$1.500.000	\$3.000.000
URAN	\$ 3.800.000	\$5.500.000

O custo de investimento inicial entre as plantas, aquamônia e uran, apresentou uma variação pequena quando comparada com o aumento na produtividade. Visto que, enquanto o volume de produção aumentava-se em 5 vezes, o capital aplicado para implantação apresentou-se, apenas, 2,5 vezes maior. Este fenômeno fora previsto por Turton (2009), o qual, denominado de economia de escala, ilustra que o custo por unidade de aquisição de equipamento reduz com o aumento da capacidade.

Diante da economia de escala, o estudo de viabilidade técnica e econômica baseou-se na implantação dos projetos com capacidade produtiva anual de 500.000 toneladas, tanto para aquamônia quanto para o uran.

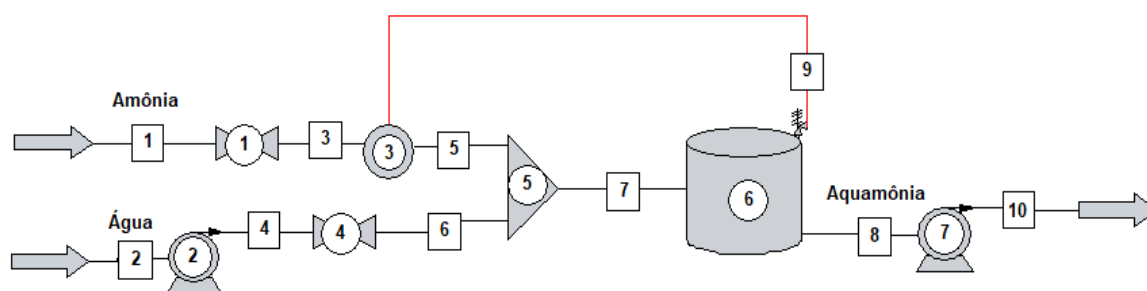
4. Viabilidade Técnica

A viabilidade técnica consiste na fundamentação da tecnologia exigida no processo, de forma que não exista problemas de engenharia referentes à implantação e operacionalização do projeto. A capacidade de detalhamento e reprodução da tecnologia escolhida, torna o projeto tecnicamente viável (CONSALTER, 2012).

4.1. Aquamônia

Por meio do análise de viabilidade técnica da planta de Aquamônia, com auxílio do software Chemcad, algumas modificações foram realizadas em comparação ao proposto por Quarmby (1991). A Figura 4.1.1 ilustra o PFD do projeto proposto neste estudo, seguida da Figura 4.1.2, a qual representa o processo proposto pela literatura.

Figura 4.1.1 – PFD Aquamônia



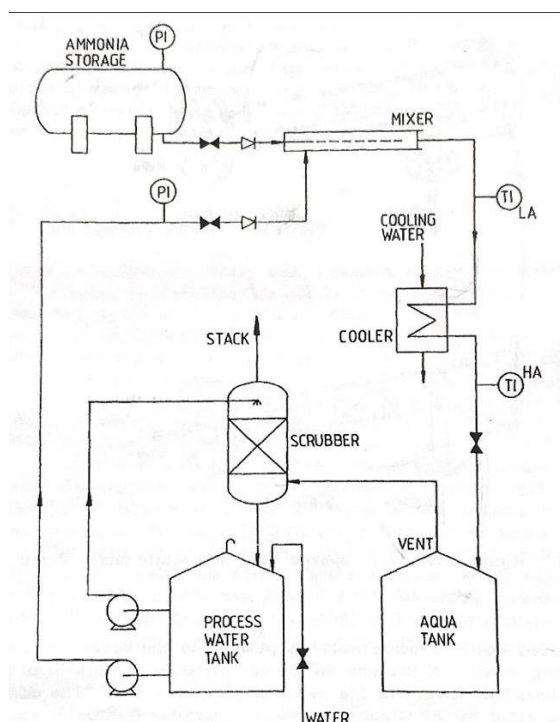
Fonte: Autor

A Tabela 4.1.1 ilustra o equipamento com a numeração apresentada pelo fluxograma de produção de Aquamônia.

Tabela 4.1.1 – Equipamentos do Fluxograma da Aquamônia

NUMERAÇÃO	EQUIPAMENTO
2	Bomba para Corrente de Água
3	Nó de Correntes
5	Misturador em Linha
6	Tanque de Armazenamento
7	Bomba para Envase

Figura 4.1.2 – Processo Produtivo Aquamônia Literatura



Fonte: Quarmby

A produção de aquamônia consiste, basicamente, na parcela de amônia solubilizada em água, recomendando-se que esta esteja em excesso no processo. No entanto, a literatura propunha que a fração de vapor residual do processo, resultante do equilíbrio de fases no tanque de armazenamento, fosse submetida a um processo de lavagem e liberada à atmosfera.

Contudo, este estudo ilustra que a adição de um reciclo ao processo, torna-o mais eficiente e minimiza as perdas de matéria-prima. Visto que o equilíbrio de fases é inevitável, o retorno da fração de vapor à linha de alimentação faz a reposição necessária para que a parcela alimentada, após o startup do processo, seja completamente transformada em aquamônia.

A literatura propunha que houvesse um trocador de calor na saída do misturador, para resfriar o produto decorrente de uma reação exotérmica. Entretanto, verificou-se que ao igualar a pressão de alimentação de amônia à do processo, a temperatura da mesma atinge -32°C e ao entrar em contato com a água a 25°C , o calor liberado na reação resulta em um produto a 25°C , dispensando o uso de trocador de calor. Tornando a produção mais econômica em termos energéticos.

Adotando uma produção de 500.000 toneladas por ano, com auxílio do software ChemCad, os equipamentos foram dimensionados e apresentaram resultados coerentes como pode-se observar na Tabela 4.1.2.

Assumiu-se pressão de saída de 5 bar para ambas as bombas. O tanque de armazenamento para toda produção no período de um dia apresentou dimensões que tornavam seu custo elevado, no entanto, é sabido que a produção acontece simultânea ao envase, dispensando o uso de um tanque deste volume. Assim, adotou-se o uso de 10 tanque menores em série.

Tabela 4.1.2 – Dimensão dos Equipamentos em uma Planta de Aquamônia

EQUIPAMENTO	DIMENSÃO
BOMBA 1	Potência: 5 kW
BOMBA 2	Potência: 8 kW
MISTURADOR	Potência: 15 kW
TANQUE	Volume: 50 m ³

Os balanços de massa e energia apresentados pelo processo estão ilustrados nas Tabelas 4.1.3 e 4.1.4, respectivamente. Observa-se que, com inserção do reciclo ao processo, o equilíbrio é mantido de forma que todo o reagente alimentado é transformado em produto, não havendo perdas. Similarmente, ocorre com balanço de energia, em que o gasto energético da produção de entrada e saída praticamente se igualam.

Tabela 4.1.3 – Balanço de Massa da Produção Aquamônia

BALANÇO DE MASSA		
COMPONENTE	Entrada (kg/h)	Saída (kg/h)
ÁGUA	45.000	--
AMÔNIA	17.423	--
AQUAMÔNIA	--	62.423

Tabela 4.1.4 – Balanço de Energia da Produção de Aquamônia

BALANÇO DE ENERGIA		
	Entrada (MJ/h)	Saída (MJ/h)
CORRENTE DE ALIMENTAÇÃO	-783.246	--
CORRENTE DE PRODUTO	--	-783.176
AQUECIMENTO TOTAL	0	--
ARREFECIMENTO TOTAL	0	--
POTÊNCIA ADICIONADA	47,7	--
POTÊNCIA GERADA	0	--
TOTAL	-783.198	-783.176

O dimensionamento apresentado, juntamente com os balanços de massa e energia, ilustra a viabilidade técnica do processo.

4.2. Uran

A literatura propõe que a solução de uran seja produzida a partir de ureia sólida e nitrato de amônia líquido. No entanto, este estudo propõe que ambas matérias-primas sejam sólidas e a água de solubilização aquecida a 95°C.

A água aquecida acelera o processo de solubilização e ainda fornece calor necessário para a reação endotérmica de forma que a solução de uran produzida saia em temperatura ambiente.

O tanque flash utilizado para fazer a dissolução foi capaz de prever o efeito termodinâmico da mistura, o qual é responsável pela produção da solução com 32% de nitrogênio. Contudo, a simulação foi possibilitada pelo uso do pacote termodinâmico UNIFAC, em que as constantes de equilíbrio foram calculadas para cada espécie, conforme apresentado na Tabela 4.2.1

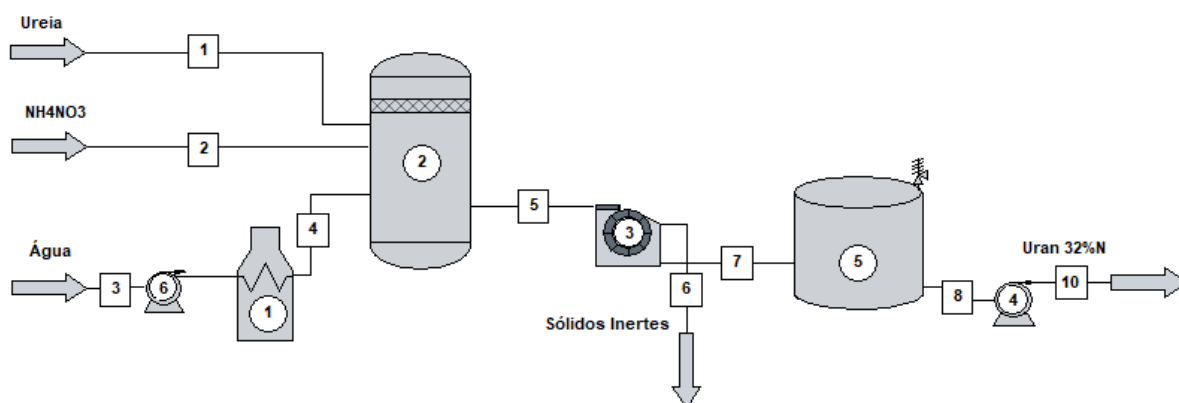
Tabela 4.2.1 – Constantes de Equilíbrio

ESPÉCIE	K
ÁGUA	0,023
NITRATO DE AMÔNIO	0,015
UREIA	$1,624 \cdot 10^{-8}$

Adicionou-se um filtro após o tanque de mistura, o que não era previsto na teoria, para reter possíveis sólidos inertes que não foram dissolvidos, a fim de evitar a danos nas válvulas e entupimento da tubulação.

A Figura 4.2.1 ilustra o PFD da planta de Uran proposta nesta análise.

Figura 4.2.1 – PFD Uran



A Tabela 4.2.2 ilustra o equipamento com a numeração apresentada pelo fluxograma de produção de Uran.

Tabela 4.2.2 – Equipamentos do Fluxograma de Uran

NUMERAÇÃO	EQUIPAMENTO
1	Fornalha
2	Tanque de Dissolução
3	Filtro
4	Bomba para Envase
5	Tanque de Armazenamento
6	Bomba para Corrente de Água

Assumindo produção anual de 500.000 toneladas, os equipamentos apresentaram dimensões coerentes, como ilustrado na Tabela 4.2.3.

O dimensionamento do tanque de mistura foi baseado em um tempo de retenção de 60 minutos. Enquanto que para o tanque de armazenamento, o volume necessário para um dia de produção era muito elevado, contudo, é sabido que o envase é simultâneo. Assim, adotou-se o uso de tanques em série de volume igual a 50m³.

Segundo Sousa et. al. (2017) apontou em seu estudo experimental a porcentagem de sólidos inertes para cada solução de Uran produzida. Com bases nesses dados, calculou-se a quantidade de sólidos inertes apresentariam a produção estimada para que fosse possível o dimensionamento do filtro.

Tabela 4.2.3 – Dimensão dos Equipamentos da Planta de Uran

EQUIPAMENTO	DIMENSÃO
BOMBA 1	Potência: 1,4 kW
BOMBA 2	Potência: 5,5 kW
FILTRO	A: 27 m ²
FORNALHA	Calor: 1.017 kW
TANQUE DE ARMAZENAMENTO	V: 50 m ³
TANQUE DE MISTURA	V: 60 m ³

As Tabela 4.2.4 e 4.2.5 ilustram os balanços de massa e energia, respectivamente. O processo de produção de uran consiste, basicamente, na solubilização dos reagentes. Desta forma, a alimentação é feita baseada na estequiometria, em que todos reagentes são solubilizados, evitando deposições no fundo dos equipamentos. Também não há ganhos ou perdas energéticas.

Tabela 4.2.4 – Balanço de Massa da Produção de Uran

BALANÇO DE MASSA		
COMPONENTE	Entrada (kg/h)	Saída (kg/h)
ÁGUA	12.500	--
NITRATO DE AMÔNIO	27.500	--
SÓLIDOS INERTES	465	465
UREIA	22.000	--
URAN	--	62.000

Tabela 4.2.5 – Balanço de Energia da Produção de Uran

BALANÇO DE ENERGIA		
	Entrada (MJ/h)	Saída (MJ/h)
CORRENTE DE ALIMENTAÇÃO	-501.786	--
CORRENTE DE PRODUTO	--	-501.781
AQUECIMENTO TOTAL	3.658,34	--
ARREFECIMENTO TOTAL	-3.663,37	--
POTÊNCIA ADICIONADA	10	--
POTÊNCIA GERADA	0	--
TOTAL	-501.781	-501.781

Diante dos resultados apresentados, é possível afirmar que o projeto da implantação da planta de uran é viável tecnicamente.

5. Viabilidade Econômica

A viabilidade econômica avalia a rentabilidade do projeto, principalmente se as receitas inerentes superam as despesas. O projeto deve se auto sustentar e ser capaz de absorver os custos iniciais de instalação. Neste contexto, avaliou-se o custo de investimento inicial,

CAPEX, e o custo operacional, OPEX, de forma que a receita fosse superior a estes custos (CONSALTER, 2012).

5.1. Aquamônia

A avaliação econômica do projeto de instalação para a planta de Aquamônia, inicialmente, estabeleceu uma produção anual de 500.000 toneladas e funcionamento de 24 horas por dia. O fator de utilização da planta adotado foi de 0,93, o qual indica que durante um ano a planta tem 25 dias sem operação reservados para paradas programadas de manutenção e acontecimentos inesperados.

O cálculo do custo de investimento inicial (CAPEX) fundamentou-se no capital aplicado para aquisição e instalação dos equipamentos necessários, o qual utilizou a metodologia proposta por Turton (2009), conforme apresentado na Tabela 3.1, na seção Metodologia deste trabalho.

O custo de aquisição na condição base (C_p^0) e do módulo de cada equipamento (C_{bm}), seguido do custo de investimento inicial (CAPEX) foram ilustrados na Tabela 5.1.1. A estimativa de custos incluiu as despesas de instalações auxiliares, como sedes administrativas, e os valores apresentados foram corrigidos para o período atual, de acordo com o Índice de Custo de Planta de Engenharia Química (CEPCI), conforme representado pela equação 3.6, na seção Metodologia.

Tabela 5.1.1 – Custo de Aquisição e Módulo de cada Equipamento

EQUIPAMENTO	CAPACIDADE	CUSTO DE AQUISIÇÃO	CUSTO DO MÓDULO
BOMBA 1	Potência: 5 kW	\$4.543,21	\$14.720,01
BOMBA 2	Potência: 8 kW	\$5.274,36	\$17.088,93
MIXER	Potência: 15 kW	\$930,32	\$1.283,84
TANQUE DE ARMAZENAMENTO	V:50 m ³	\$54.413,06	\$221.461,16
CAPEX		\$2.929.730,41	

No cálculo do custo operacional (OPEX), as cotações de matéria-prima, utilidades e mão de obra operacional fundamentaram-se em referências nacionais, visando tornar este estudo o mais próximo possível da realidade do país.

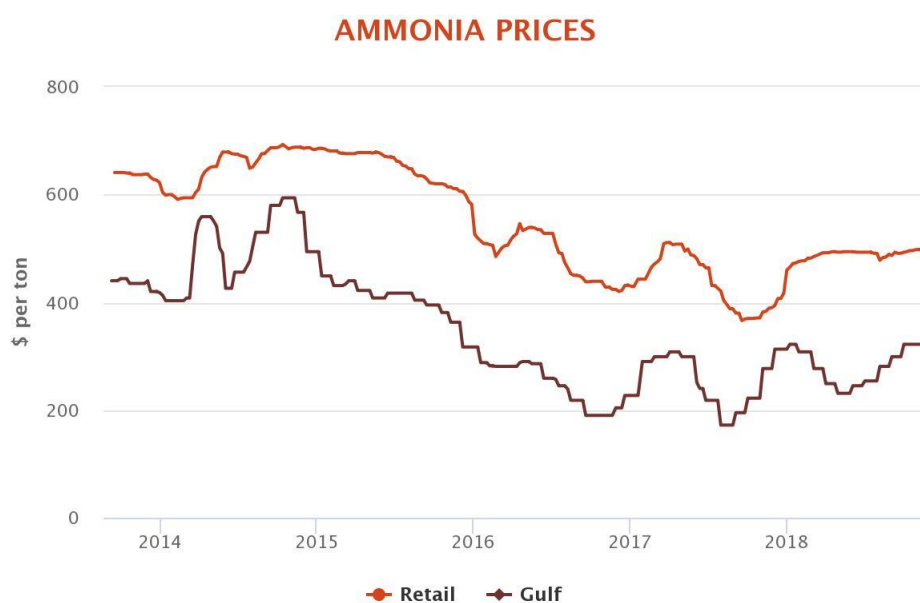
Com auxílio do software ChemCad, fundamentando-se na metodologia apresentada por Turton (2009), calculou-se as correntes de utilidades, juntamente com número de operadores conforme ilustrado na equação 3.8, na seção Metodologia, sendo reunidos na Tabela 5.1.2.

Tabela 5.1.2 – Correntes de Utilidades

UTILIDADE	CORRENTE
AMÔNIA	17500 kg/h
ÁGUA	45000 kg/h
ELETRICIDADE	30 kWh
NÚMERO DE OPERADORES	12

As matérias-primas essenciais apresentam grandes flutuações nos preços ao longo do ano, devido ao efeito sazonal das culturas, logo, as tarifas utilizadas neste estudo consistiram na média dos valores apresentados nos últimos 5 anos. A cotação buscou os principais fornecedores ao país, no caso do Amônia, a Costa do Golfo dos Estados Unidos. A Figura 5.1.1 ilustra tamanha variabilidade nos preços da Amônia.

Figura 5.1.1 – Preços da Amônia no Período de 2014 a 2018



Fonte: FarmFuture

A cotação da eletricidade fundamentou-se na média entre as taxas tarifárias de diversas companhias nacionais. Assim como, o salário base de operador industrial adveio da plataforma online *Love Mondays*, a qual calcula a média salarial dos cargos industriais entre inúmeras grandes empresas do país.

Desta forma, o cálculo do OPEX fundamentou-se na equação 3.7 apresentada na seção Metodologia. A Tabela 5.1.3 ilustra a cotação de cada utilidade e seguido do seu custo anual.

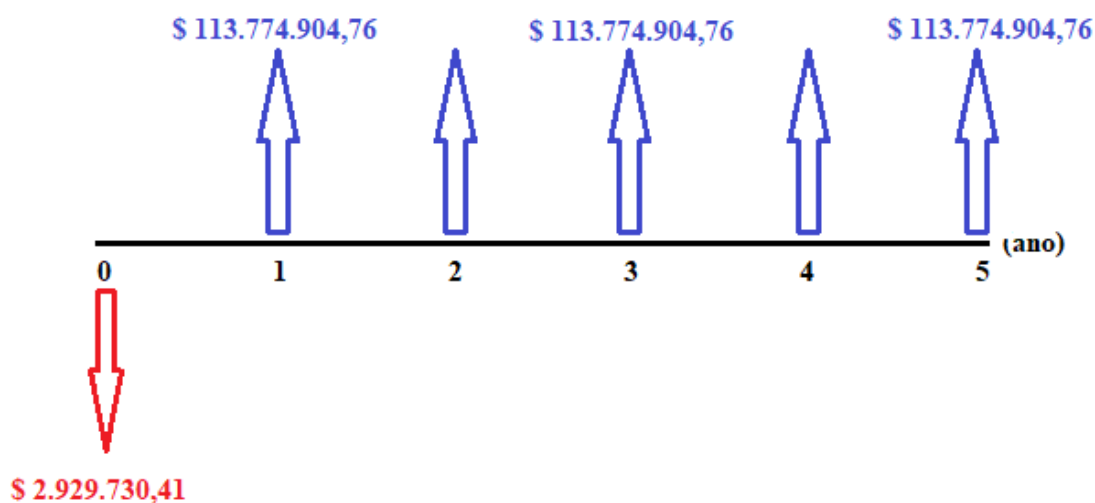
Tabela 5.1.3 – Custo unitário e anual das utilidades

UTILIDADE	PREÇO	CUSTO ANUAL
AMÔNIA	\$ 0,32 kg/h	\$ 49.056.000,00
ÁGUA	\$ 0,0001 kg/h	\$ 37.787,59
ELETRICIDADE	\$ 0,12 kWh	\$ 31.536,00
OPERADORES	\$ 450/mês	\$ 66.162,16
OPEX	\$ 61.425.095,24	

Com base nos resultados obtidos de custo de investimento inicial (CAPEX) e de custo operacional anual (OPEX), é possível avaliar a rentabilidade do projeto por meios quantitativos de análise de investimento inicial, como Valor Presente Líquido (VPL), Índice de Lucratividade (IL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Payback (PB).

A Figura 5.1.2 ilustra o fluxo de caixa ao longo do período de tempo estipulado para o estudo de viabilidade econômica.

Figura 5.1.2 – Fluxo de Caixa Aquamônia



A Tabela 5.1.4 exibe o fluxo de caixa do projeto, seguido dos indicadores de viabilidade que foram calculados conforme descrito na seção 2.7 deste trabalho.

É sabido que a Taxa Mínima de Atratividade é determinada pela empresa e é responsável pelo resultados dos demais indicadores, juntamente com o período de tempo de viabilidade mínimo do projeto. Contudo, no Brasil, é comum que a taxa de mínima de rentabilidade seja próxima da taxa de juros SELIC, Sistema Especial de Liquidação e Custódia, a qual é a taxa básica de juros da economia nacional, utilizada no mercado interbancário para financiamento.

Neste contexto, a taxa de juros SELIC para o ano de 2018 apresentou-se em torno de 6.5% a.a., no entanto, é importante que a análise de viabilidade ocorre em cenários mais desfavoráveis, com intuito de aumentar a margem de segurança do projeto. Então, a taxa mínima de atratividade adota neste estudo foi de 10% a.a. O período de tempo mínimo adotado foi de 5 anos, período comum adotado à indústrias químicas.

Tabela 5.1.4 – Rentabilidade do Projeto

INDICADOR	VALOR
FLUXO DE CAIXA INICIAL	\$ -2.929.730,41
FLUXO DE CAIXA	\$113.774.904,76
VALOR PRESENTE LÍQUIDO	\$428.366.673,26
ÍNDICE DE LUCRATIVIDADE	147
TAXA INTERNA DE RETORNO	3883%
PAYBACK	3 meses

Como pode-se observar, o projeto apresenta um valor presente líquido positivo, sendo este principal indicador a ser avaliado em análises de investimento. Visto que, é sabido que projetos com valor presente negativo não são capazes de absorver as despesas e proporcionar lucros.

Em seguida, avalia-se o índice de lucratividade, o qual é satisfatório no projeto apresentado, em que valores superiores a 1, implicam em um valor presente líquido positivo, confirmado anteriormente.

A taxa interna de retorno é muito superior à taxa mínima de atratividade adotada, fato que reitera a viabilidade do projeto, visto que a condição imposta é que a taxa interna de retorno seja superior a taxa mínima de atratividade.

Por fim, a planta apresenta baixo valor de *Payback*, em que o capital inicial de investimento é absorvido em um período inferior ao primeiro ano de funcionamento da fábrica. Diante dos indicadores apresentados, é possível afirmar que o projeto é viável economicamente, atendendo com segurança os indicadores avaliados.

5.2. Uran

A viabilidade econômica da planta de urânio, inicialmente, baseou-se em uma produção anual de 500.000 toneladas. Além da produção anual, adotou-se o funcionamento de 24 horas por dia e 340 dias por ano, assumindo que a fábrica realize paradas programadas de 2 semanas por ano.

O cálculo do custo do módulo de cada equipamento baseou-se na metodologia proposta por Turton (2009), conforme apresentado na Tabela 3.1, na seção Metodologia deste trabalho.

A Tabela 5.2.1 apresenta os dados de custo de equipamento na condição base (C_p^0) e o custo do módulo (C_{bm}), o qual inclui os gastos de instalação, de acordo com o dimensionamento resultante da viabilidade técnica. Os valores apresentados foram corrigidos com base no CEPCI para o ano de 2017, registro mais recente, visto que a atualização ocorre anualmente.

Tabela 5.2.1 – Custo de Aquisição e Custo do Módulo

EQUIPAMENTO	CAPACIDADE	CUSTO DE AQUISIÇÃO	CUSTO DO MÓDULO
BOMBA 1	Potência: 1,4 kW	\$ 3.596,45	\$16.671,60
BOMBA 2	Potência: 5,5 kW	\$ 4.711,36	\$21.839,80
FILTRO	A: 27 m ²	\$ 3190,13	\$5.263,71
FORNALHA	Calor: 1017 kW	\$ 6,76	\$883,76
TANQUE DE ARMAZENAMENTO	V:50 m ³	\$ 54.413,06	\$ 221.461,16
TANQUE DE MISTURA	V: 60 m ³	\$ 64.827,34	\$ 263.847,28
CAPEX		\$3.299.017,31	

O cálculo do custo de investimento inicial (CAPEX) incluiu as despesas com instalações auxiliares, como sedes administrativas, conforme ilustrado pela equação 3.1, na seção Metodologia.

O custo operacional (OPEX) é função do preço das matérias-primas, das utilidades e da mão de obra operacional. A cotação das matérias-primas fundamentou-se na plataforma online *Chemical Market Report*, a qual apresenta relatórios de preços atualizados de diversos elementos. As tarifas para gás natural, combustível da fornalha, e para água industrial utilizadas basearam-se em dados locais, por meio da média apresentada nas diversas companhias existentes no país, visando tornar este estudo o mais próximo da realidade brasileira. A média salarial de operador industrial também utilizou empresas nacionais como referência, por meio da plataforma online *Love Mondays*, a qual reúne informações de diversas grandes empresas.

A Tabela 5.2.2 sintetiza todos os custos necessários para o cálculo das despesas operacionais da planta, apresentando-os corrigidos para o período atual e moeda oficial.

Tabela 5.2.2 – Preços das Utilidades

UTILIDADE	CUSTO
ÁGUA	\$ 0,0001/kg
ELETRICIDADE	\$ 0,15/ kWh
GÁS NATURAL	\$ 0,4/m ³
NITRATO DE AMÔNIA	\$ 0,20/kg
OPERADOR INDUSTRIAL	\$ 450/mês
TRATAMENTO DE SÓLIDOS	\$ 0,05/kg
URAN 32%	\$0,28/kg
UREIA	\$ 0,25/kg

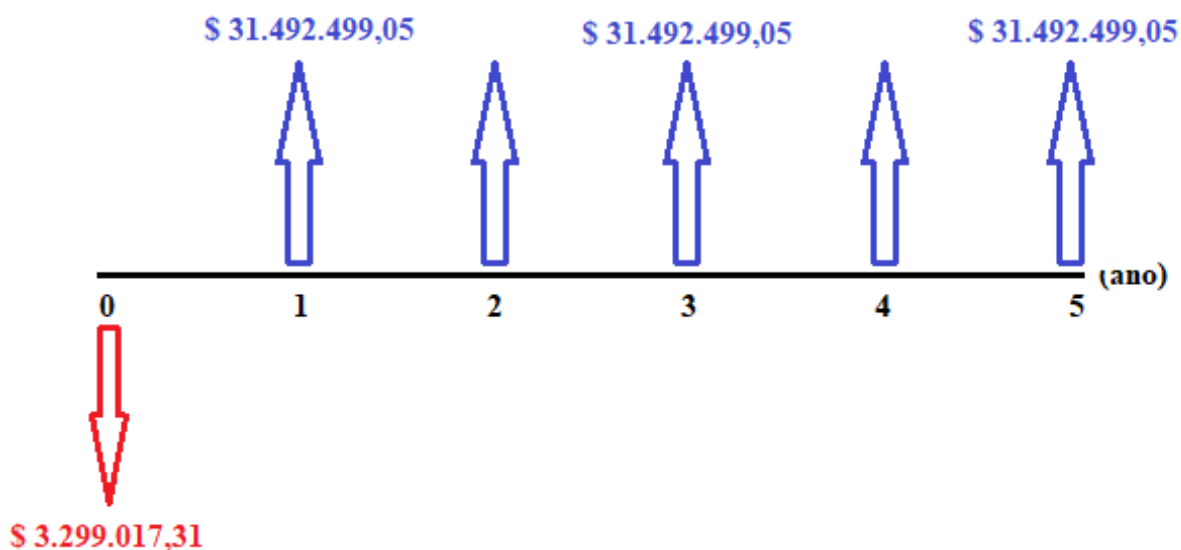
Desta forma, com auxílio do software ChemCad, calculou-se a demanda de utilidades e, em seguida, obteve-se o custo operacional anual da planta de Uran. O cálculo do número de operadores necessários baseou-se na equação 3.8, na Seção Metodologia. A Tabela 5.2.3 ilustra a despesa gerada por cada utilidade e o custo operacional anual.

Tabela 5.2.3 – Custo Operacional

UTILIDADE	CUSTO
ÁGUA	\$10.496,55
ELETRICIDADE	\$15.768,00
GÁS NATURAL	\$25.534,52
NITRATO DE AMÔNIA	\$48.180.000,00
OPERADOR INDUSTRIAL	\$159.891,89
TRATAMENTO DE SÓLIDOS	\$209.805,75
UREIA	\$48.180.000,00
OPEX	\$120.204.803,65

A Figura 5.2.1 ilustra o fluxo de caixa ao longo do período de tempo estipulado para o estudo de viabilidade econômica.

Figura 5.2.1 – Fluxo de Caixa do Uran



A viabilidade do projeto é avaliada por meio de métodos quantitativos de análise de investimento inicial como Valor Presente Líquido (VPL), Índice de Lucratividade (IL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Payback (PB).

A análise do projeto é dependente da taxa mínima de atratividade e o período de tempo mínimo de viabilidade do projeto. Neste contexto, é comum que a taxa mínima de atratividade

seja próxima da taxa de juros SELIC, Sistema Especial de Liquidação e Custódia, a qual é a taxa básica de juros da economia no Brasil, utilizada no mercado interbancário para financiamento.

Neste contexto, a taxa de juros SELIC para o ano de 2018 apresentou-se em torno de 6.5% a.a., no entanto, é importante que a análise de viabilidade ocorre em cenários mais desfavoráveis, com intuito de aumentar a margem de segurança do projeto. Então, a taxa mínima de rentabilidade adota neste estudo foi de 10% a.a.

A Tabela 5.2.4 ilustra o fluxo de caixa do projeto, seguido dos indicadores de viabilidade que foram calculados conforme descrito na seção 2.7 deste trabalho.

Tabela 5.2.4 – Rentabilidade do Projeto

INDICADOR	VALOR
FLUXO DE CAIXA INICIAL	\$ -3.299.017,31
FLUXO DE CAIXA	\$31.492.499,05
VALOR PRESENTE LÍQUIDO	\$116.082.331,43
ÍNDICE DE LUCRATIVIDADE	36
TAXA INTERNA DE RETORNO	955%
PAYBACK	3 meses

É sabido que o valor presente líquido é o principal indicador para avaliar a viabilidade de um projeto e, obrigatoriamente, este deve ser positivo. Observa-se que o projeto apresentou valor presente líquido para taxa mínima de atratividade e o período de tempo adotados, resultado desejado.

O índice de lucratividade reiterou a rentabilidade do projeto, em que é esperado um índice de lucratividade superior a 1 para que o projeto apresente um valor presente líquido positivo, situação reproduzida neste estudo.

Similarmente a planta de aquamônia, o projeto de implantação do uran apresentou taxa interna de retorno superior à taxa mínima de atratividade e payback inferior ao período de um ano.

Desta forma, os indicadores avaliados convergiram para rentabilidade do projeto, ilustrando que a planta atende com segurança aos requisitos impostos, ilustrando a viabilidade econômica do projeto estudado.

Contudo, o custo operacional (OPEX) é a variável que limita a rentabilidade do projeto, o qual é função, principalmente, das flutuações que o mercado de fertilizantes proporciona, devido ao efeito sazonal das culturas. Neste contexto, a ureia apresenta elevada variabilidade quando comparada com as demais matérias-primas, tornando-se um dos fatores mais importantes para a viabilidade da fábrica.

Neste estudo, utilizou-se a média de preços, dos últimos 5 anos, da ureia visando a obtenção de resultados mais próximos da realidade. A Figura 5.2.1 ilustra a variabilidade dos preços mencionados.

Figura 5.2.2 – Preços da Ureia no Período de 2013 a 2018



Fonte: IndexMundi

Perante tamanha flutuação, os cálculos realizados neste estudo previram que o projeto é capaz de suportar um aumento de até 50% do preço base, desconsiderando variações significativas nos demais elementos. Ilustrando a viabilidade apresentada pelo projeto.

6. Ponto de Equilíbrio

Os projetos de planta de Aquamônia e Uran, com capacidade de 500.000 toneladas por ano, mostraram-se viáveis tanto tecnicamente quanto economicamente. No entanto, as indústrias de fertilizantes enquadram-se nas economias de perfis sazonais, logo, em alguns períodos do ano, a planta não irá operar sua capacidade máxima, devido uma diminuição na demanda do produto.

Diante deste fato, é importante avaliar o ponto de equilíbrio do projeto, o qual ilustra a capacidade de produção em que as receitas se igualam as despesas, permitindo variações na capacidade da planta sem causar prejuízos.

A análise do ponto de equilíbrio fundamentou-se em um planta com capacidade de 500.000 toneladas por ano e não foi considerado despesas referentes ao capital investido, pressupõe-se que este já fora quitado. A Tabela 6.1 ilustra o ponto de equilíbrio de cada planta projetada.

Tabela 6.1 – Ponto de Equilíbrio

PLANTA	PRODUÇÃO
AQUAMÔNIA	17.500 t/ano
URAN	22.000 t/ano

Desta forma, ressalta-se a viabilidade econômica destas plantas de fertilizantes líquidos, visto que estas ainda se fazem rentáveis mesmo operando apenas com 5% de sua capacidade máxima.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Melhoria na qualidade de vida das pessoas, juntamente com a evolução das técnicas de bem-estar e saúde, induziu à um desenvolvimento considerável da população mundial e a tendência é que este ritmo de crescimento se prolongue aos próximos anos.

O maior desafio para o futuro é condição alimentar, visto que a produção de alimentos deve suportar este desenvolvimento significativo da população, contudo, sem expandir o território cultivável. Neste contexto, a agricultura retoma a importância da subsistência, além do caráter econômico, fixando seu desenvolvimento no aumento significativo na produtividade.

No entanto, o cultivo contínuo associado às intempéries de uma região reduz a fertilidade do solo, influenciando nas condições essenciais para uma considerável produtividade dos vegetais. A ausência de alguns nutrientes resulta em vegetais com más formações, funções limitadas e aspecto inferior. A reposição destes minerais apresenta-se como solução para adequar o solo às condições produtivas.

A metodologia de aplicação de fertilizantes, dentre as técnicas de cultivo, proporciona maiores impactos na produtividade, influenciando em sua importância na economia. Nesta conjuntura, a produção de fertilizantes líquidos destaca-se pela praticidade, eficiência e competitividade no mercado.

Em outros países, a tecnologia de fertilizantes líquidos encontra-se fundamentada e supera o uso de fertilizantes sólidos. Contudo, no Brasil, esta metodologia está adquirindo competitividade no mercado com desenvolvimento das culturas de cana de açúcar e cereais.

Diante do contexto atual, o estudo fundamentou-se em propor a rota de produção e avaliar sua viabilidade técnica e econômica, respectivamente, da aquamônia e uran, produtos que se destacam como fertilizantes líquidos nitrogenados, à realidade nacional.

As indústrias de aquamônia e uran apresentaram-se viáveis tecnicamente e economicamente, avaliando a viabilidade com base em uma produção anual de 500.000 toneladas. Os projetos operam com simplicidade técnica, atuando com equipamentos convencionais juntamente com tecnologias consolidadas, exaltando a viabilidade técnica apontada.

A viabilidade econômica do estudo estruturou-se, principalmente, nos baixos valores de *Payback* apresentados, em que nos dois projetos, o capital investido foi recuperado no primeiro ano de produção, gerando ainda uma receita positiva. A rentabilidade exposta por cada projeto manifestou-se de forma satisfatória, sendo capaz de absorver variações significativas nos preços das matérias-primas.

Em adição, estimou-se o ponto de equilíbrio de cada planta, no qual as receitas se igualam as despesas. Esta variável ressalta a viabilidade econômica de cada projeto, visto que o ponto de equilíbrio se encontra em uma produção igual a 5% de sua capacidade máxima, isto significa que, a fábrica apresenta lucratividade para qualquer produção superior ao ponto definido como de equilíbrio.

Desta forma, é possível concluir que a implantação de plantas de fertilizantes líquidos nitrogenados retrata uma simples instalação e elevada rentabilidade, conjuntura que os tornam competitivos ao mercado de fertilizantes sólidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Luiz Antônio De Bastos. **Efeitos do Nitrogênio, Aplicado nas Formas Fluída ou Sólida, em Soqueira de Cana-de-Açúcar.** Ciênc. agrotec., Lavras, v.24, n.2, p.516-520, abr./jun., 2000

ARNON, D. I. & STOUT, P. R. **The Essentiality of Certain Elements in Minute Quantity for Plants with Special Reference to Copper.** Plant physiol, Washington, 14 : 371-375, 1939.

BAUMGARTNER, José Geraldo; SEMPIONATO, Otávio Ricardo. **Adubação Líquida e Foliar para Citros em Produção.** Jaboticabal, SP: Funep, 1999. 36 p.

BOARETTO, A. E.; CRUZ, A.P.; LUZ, P. H.HC. **Adubo Líquido: Produção e Uso no Brasil.** Campinas: Fundação Cargill, 1991. 100p.

BOLES, Jeffrey L.; JONES, Thomas M. **Production of Urea-Ammonum Nitrate Suspenson Fertilizer.** 4,439,223. 27 de jan. de 1984. Alabamba, p. 15

Brasil. Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004. **Inspeção e a Fiscalização da Produção e do Comércio de Fertilizantes, Corretivos, Inoculantes, Estimulantes ou Biofertilizantes destinados à Agricultura.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 15 jan. 2004. Seção 1, p. 2.

CAMARGO, Mônica Sartori. **A Importância do Uso de Fertilizantes para o Meio Ambiente.** Pesquisa & Tecnologia, São Paulo, v. 9, n. 2, dez. 2012.

CONSALTER, Maria Alice Soares. **Elaboração de Projetos: da Introdução a Conclusão.** Curitiba: Ibpx, 2012. 180 p.

CUNHA, Luiza Gonzaga Sreeldin. **Cenários e Desafios da Indústria de Fertilizantes.** 2017. 63 p. Trabalho De Conclusão De Curso (Engenharia Química)- Universidade Federal De Uberlândia, Uberlândia, 2017.

DIAMOND, Jared. **Armas, Germes e Aço.** Rio de Janeiro, Record, 2003;

DIAS, Victor Pina; FERNANDES, Eduardo. **Fertilizantes: Uma Visão Global Sintética.** Rio de Janeiro: BNDES, 2006.

DITTMAR, Heinrich. **Standard Fertilizers**. In: DITTMAR, Heinrich et al. **Fertilizers**. Alemanha: Ullmann's Agrochemicals, 2007. p. 28-40. v. 1.

EARLEY, George C. **Aqua Ammonia Production**. 3,295,927. 03 de jan. de 1967. Bartlesville, Okla, p. 5

Fertilizantes Granulado ou Líquido: Prós e Contras na Agricultura. Disponível em: <<http://desenvolvimentorural.com/fertilizantes-granulado-ou-liquido/>>. Acesso em: 03 set. 2018.

FINNERTY, John D; TRIESCHMANN, Carlos Henrique (Tradução de). **Project Finance: Engenharia Financeira Baseada em Ativos**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.

HELFERT, Erich A. **Técnicas de Análise de Financeira: Um Guia Prático para Medir o Desempenho dos Negócios**. Porto Alegre, Artmed 1997.

HILGERT, Marlon Arenhardt; PES, Luciano Zucuni. **Fisiologia Vegetal**. Santa Maria, RS: Colégio Politécnico, 2015. 82 p.

INPI, International Plant Nutrition Institute. **Adubação Nitrogenada do Milho**. Disponível em: <<http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/issue/IA-BRASIL-1995-71>>. Acesso em: 15 out. 2018.

International Fertilizer Industry Association (IFA). (2014). Paris, France. <<http://www.fertilizer.org>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

ISLEIB, Jim. **Pros And Cons of Granular and Liquid Fertilizers**. Disponível em: <https://www.canr.msu.edu/news/pros_and_cons_of_granular_and_liquid_fertilizers>. Acesso em: 15 out. 2018.

KASSAI, José Roberto; KASSAI, Sílvia; SANTOS, Ariovaldo dos; ASSAF NETO, Alexandre. **Retorno de Investimento: Abordagem Matemática e Contábil do Lucro Empresarial**. São Paulo: Atlas 2000

KNORR, Bryce. **Fertilizer Outlook - Good News From China**. Disponível em: <<https://www.farmfutures.com/story-weekly-fertilizer-review-0-30765>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

LEIKAM, Dale F.. **Fluid Fertilizers: Properties and Characteristics**. 2010. Fluid Fertilizer Foundation. Notas de Aula.

LIMA, Paulo César Ribeiro. **Fábrica de Fertilizantes Nitrogenados e Produção de Etanol no Norte Fluminense**. Brasília, DF: Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados, 2007. 41 p.

LOPES, Alfredo Scheid. **Manual Internacional de Fertilidade do Solo**. 2. ed. Piracicaba: Potash & Phosphate Insitute, 1998. 177 p.

LOUREIRO, F.L.; MELAMED, R.; FIGUEIREDO NETO, J. **Fertilizantes: Agroindústria e Sustentabilidade**. Editora CETEM, 2009.

MAÇÃS, João Eduardo Simões. **Nitrogênio Nítrico e Amoniacal no Desenvolvimento da Parte Aérea e Milho Cultivado em Argissolo**. 2008. 72 p. Dissertação (Mestre em Ciência do Solo)- Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

MALAVOLTA, E. **Fertilizantes e seu Impacto Ambiental: Micronutrientes e Metais Pesados, Mitos, Mistificações e Fatos**. São Paulo: ProduQuímica, 1994. 153p.

MARAR, Leonardo Glyn Furnival. **Análise Financeira da Entrada de Empresas em Novos Mercados: Um Estudo de Caso no Setor de Telefonia Móvel**. 2011. 67 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica)- Universidade de São Carlos, São Carlos, 2011.

MARTINS, Eliseu. **Contabilidade de Custos**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2010

MAZOYER, M.; ROUDART, L. (1997). **História das Agriculturas no Mundo (do Neolítico à Crise Contemporânea)**. São Paulo. Editora UNESP, 2009. 567 p.

MELGAR, Ricardo; DUGGAN, Martín Juan Jorge Torres. **Manual de Fertilizantes Fluidos**. Buenos Aires: [s.n.], 2014. 184 p.

MOTTA, Regis da Rocha; CALÔBA, Guilherme Marques. **Análise de Investimentos: Tomada de decisão em projetos Industriais**. São Paulo. Atlas. 2002

ONU, Organização das Nações Unidas. **Apesar de Baixa Fertilidade, Mundo Terá 9,8 Bilhões de Pessoas em 2050**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/apesar-de-baixa-fertilidade-mundo-tera-98-bilhoes-de-pessoas-em-2050/>>. Acesso em: 03 set. 2018.

PAULA, GILLES B. **Ponto de Equilíbrio: Que É, Como Calcular e Sua Importância na Gestão**. Disponível em: <<https://www.treasy.com.br/blog/ponto-de-equilibrio-economico/>>. Acesso em: 26 nov. 2018.

PINTO, Pedro. **Nutrição das Plantas**. Lagoa: [s.n.], 2003. 10 p.

QUARMBY, Simon C. **Manufacture of Nitrogenous Fluids**. In: PALGRAVE, Derek A. et al. **Fluid Fertilizer Science and Technology**. New York: Marcel Dekker, 1991. p. 51-69.

ROS, Clovis. **Fertilizantes**. 2006. Universidade Federal de Santa Maria. Notas de Aula.

SALÁRIOS. Disponível em:
<https://www.lovemondays.com.br/pesquisa/cargo?external_job_city_id=&q=Operador&external_job_city_name=>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

SANTOS, Edno Oliveira de. **Administração Financeira da Pequena e Média Empresa**. São Paulo: Atlas, 2001.

SENGIK, Erico S.. **Os Macronutrientes e os Micronutrientes das Plantas** . 2003. Universidade Estadual de Maringá. 22 p. Notas de Aula.

SILVA, Lucas A. et al. **A Cadeia Produtiva de Adubos e Fertilizantes**. In: Encontro Científico de Gestão Portuária, 2007, Praia Grande, Sp. Anais... Praia Grande, Sp: Centro Paula Souza, 2007. 15 p. Disponível em:
<<https://even3storage.blob.core.windows.net/anais/78257.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

SILVA, M. B. **Vocação de Empreendimento**. Construção Mercado, São Paulo, n.31, p. 22-25, fev. 2005 – Entrevista.

SOUSA, C. R. et al. **Estudo e Desenvolvimento de Fertilizante Líquido Nitrogenado**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, 12., 2017, São Carlos, Sp. Anais... . São Carlos, Sp: Ufscar, 2017. p. 1 - 6.

SOUSA, Rainer Gonçalves. **Revolução Neolítica**. Disponível em:
<<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/historiageral/revolucao-neolitica.htm>>. Acesso em: 03 set. 2018.

STRACHOSKI, Patrícia. **Análise de Viabilidade Econômica de um Projeto de Investimento em uma Indústria de Artefatos de Cimentos**. 2011. 60 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel no curso de Ciências Contábeis)- UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE, Cricúma, 2011.

TURTON, Richard et al. **Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes**. 3. ed. Boston: Pearson Education, 2009. 1144 p.

UNIDO, Development Organization; IFDC, Development Center. **Fertilizer Manual**. Canada: Kluwer Academic Publishers, 1979. 628 p.

UREA-AN-WATER Phase Diagram. Disponível em:
<<https://www.ureaknowhow.com/ukh2/gallery/4-graphs/659-urea-an-water-phase-diagram.html>>. Acesso em: 05 nov. 2018.

UREIA Preço Mensal. Disponível em:
<https://www.indexmundi.com/pt/pre%C3%A7os-de-mercado/?mercadoria=ureia&meses=12>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

WOILER, Samsão, MATHIAS, Washington Franco. **Projetos: Planejamento, Elaboração, Análise**. São Paulo: Atlas, 2007.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA



**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE FÁBRICA DE
FERTILIZANTES LÍQUIDOS NITROGENADOS**

TAYNÁ DE SOUZA CARRIJO

Uberlândia – MG

2018