

## **AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DA EVOLUÇÃO TEMPORAL DOS ÍNDICES DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQAs) OBTIDOS DESDE O ANO DE 2008 PELO PROGRAMA MONITORA PARA O MUNICÍPIO DE SALVADOR, BAHIA, BRASIL**

**Taise F. Rebouças<sup>1</sup> e Michelle Cruz Costa Calhau<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Faculdade Senai Cimatec, E-mail: taisereboucas@gmail.com; e

<sup>2</sup>Faculdade Senai Cimatec, E-mail: mcalhau@fieb.org.br.

## **STATISTICAL EVALUATION OF THE TEMPORAL EVOLUTION REGARDING THE WATER QUALITY INDEXES (IQAs) OBTAINED SINCE 2008 BY THE PROGRAM MONITORA FOR THE MUNICIPALITY OF SALVADOR, BAHIA, BRAZIL**

**Resumo:** Para atender a demanda de gerenciamento dos recursos hídricos do estado da Bahia o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA) criou o Programa Monitora que avalia corpos hídricos desde 2008 para o cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA) do estado. O objetivo deste estudo foi avaliar a evolução temporal dos IQAs apresentados desde 2008 até 2016 nos pontos de amostragem do município de Salvador, Bahia, Brasil, utilizando a ferramenta de análise estatística não paramétrica conhecida como GSI Mann-Kendall *Toolkit*. O método estatístico aplicado a este estudo inseriu os dados do Programa Monitora na ferramenta estatística mencionada para obter a tendência evolutiva dos 28 pontos considerados representativos ao longo de 23 campanhas de monitoramento. Os resultados deste estudo indicaram que 22% dos IQAs apresentaram tendência crescente ou provavelmente crescente ao longo dos anos, 14% apresentaram tendências decrescentes ou provavelmente decrescentes, 32% apresentaram tendências estáveis e os outros 32% não apresentaram tendência definida nos resultados. De maneira geral, pode-se concluir que as tendências evolutivas obtidas podem contribuir para a definição de pontos de ação prioritária pelo comitê responsável pelo gerenciamento destes recursos hídricos. Em adição, sugere-se estudos futuros utilizando os parâmetros físico químicos individualmente e estatística paramétrica para a análise destes resultados considerando influências externas que não foram avaliadas por este estudo.

**Palavras-Chaves:** *Programa Monitora; Índice de Qualidade da Água – IQA; Teste Mann-Kendall.*

**Abstract:** To address the management demand of the water resources within the state of Bahia, the environmental agency named as Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA) has created a program called Programa Monitora, which evaluate water resources to calculate the Water Quality Index (Índice de Qualidade da Água – IQA) of the state. The purpose of this current study was to evaluate the temporal evolution of all IQAs presented from 2008 to 2016 for the sampling points collected at the municipality of Salvador, Bahia, Brazil, by using a tool for statistical analysis named as GSI Mann-Kendall Toolkit. The statistical method applied to this study has inserted data obtained from the Programa Monitora within the abovementioned statistical tool to obtain the temporal evolution for all the 28 sampling points considered as representative, that were collected in 23 sampling campaigns. The results showed that 22% of the IQAs presented an increasing or probably increasing trends along the years, 14% presented decreasing or probably decreasing trends, 32% presented a stable trend and 32% presented no defined trend associated to the results. Overall, it is possible to conclude that the evolutionary trends obtained may contribute to the definition of priority action points by the committee responsible for the management of such water resources. Additionally, future studies may be held using the physical chemical parameters individually and using parametric statistics to evaluate these results considering the external influences that were not evaluated by the current study.

**Keywords:** *Program Monitora, Water Quality Index (Índice de Qualidade da Água – IQA), Mann-Kendall Test.*

## 1. INTRODUÇÃO

O monitoramento e a avaliação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas são fatores primordiais para a adequada gestão dos recursos hídricos, permitindo a caracterização e a análise de tendências em bacias hidrográficas, sendo essenciais para várias atividades de gestão, tais como: planejamento, outorga, cobrança e enquadramento dos cursos de água (ANA, [s.d.]).

Ainda segundo a Agência Nacional de Águas ([s.d.]), a avaliação da qualidade das águas superficiais em um país de dimensões continentais como o Brasil é dificultada pela ausência de redes estaduais de monitoramento em algumas Unidades da Federação e pela heterogeneidade das redes de monitoramento existentes no País (número de parâmetros analisados, frequência de coleta, etc.).

No estado da Bahia, compete ao Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA) as ações de coordenação, execução, acompanhamento, monitoramento e avaliação da qualidade ambiental e dos recursos hídricos, conforme descrito na Lei Estadual nº 12.212/2011. Por este motivo, através da sua Coordenação de Monitoramento dos Recursos Ambientais e Hídricos (COMON), o INEMA criou o Programa Monitora, que tem como objetivo avaliar a evolução espacial e temporal da qualidade das águas a fim de gerar dados concretos para alimentação dos sistemas nacionais e estaduais, bem como para promover uma análise da condição dos recursos hídricos do estado.

O Programa Monitora, anualmente, conduz coletas sistemáticas para análise de variados parâmetros físico-químicos, que contribuem com a elaboração do Índice de Qualidade da Água (IQA) do estado da Bahia.

O IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de ações antropogênicas, como por exemplo, contaminações por esgotos domésticos e efluentes industriais. Por tanto, a escolha dos parâmetros está interligada as características básicas que determinem possibilidade da água apresentar um padrão de qualidade aceitável para o consumo humano e para manutenção dos ecossistemas aquáticos. As variáveis utilizadas para o cálculo do IQA são a temperatura, pH, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e sólidos totais. Através dos valores encontrados pelo cálculo do IQA é possível classificar a qualidade ambiental das águas (INEMA, 2016), conforme descrito no Quadro 1.

Quadro 1 – Classificação da qualidade ambiental das águas em função do seu IQA

Cor de referência	Categoria	Ponderação
	ÓTIMA	79 < IQA 100
	BOA	51 < IQA 79
	REGULAR	36 < IQA 51
	RUIM	19 < IQA 36
	PÉSSIMA	19

Fonte: INEMA, 2015.

O monitoramento de corpos d'água por longos períodos e em várias estações de amostragem produz um banco de dados grande e complexo, contendo diversos tipos de parâmetros de qualidade da água. Isso dificulta a análise e interpretação dos dados para se extrair informações compreensíveis e precisas de grande utilidade para a gestão adequada da qualidade da água, sendo muitas vezes subutilizados (TRINDADE, 2013).

O INEMA executa o Programa Monitora desde 2008 e apresenta, anualmente, uma elevada quantidade de dados, os quais auxiliam na obtenção dos IQAs relacionados aos pontos amostrais escolhidos, aos municípios de interesse e/ou as Regiões de Planejamento e Gestão das Águas (RPGAs). Estes dados são apresentados em forma de relatórios e/ou gráficos através do Sistema Estadual de Informações sobre os Recursos Hídricos (SEIRH). Os resultados gerados são apresentados separadamente por ano de amostragem e, até o presente momento, não foi apresentada uma proposta de integração destes resultados para avaliar a evolução dos IQAs ao longo dos últimos anos.

Métodos estatísticos multivariados são uma excelente ferramenta exploratória para a interpretação desses complexos conjuntos de informações (TRINDADE, 2013). Ainda segundo Trindade (2013), existem vários estudos que confirmam a utilidade das técnicas de estatística multivariadas na análise de grandes e complexos conjuntos de dados, visando o controle das fontes de poluição e o planejamento de redes de monitoramento eficientes para a gestão dos recursos hídricos.

O teste Mann-Kendall adota uma metodologia de análise estatística não paramétrica (i.e. assume uma distribuição independente de dados, onde não há correlação de outros parâmetros com aquele relacionado ao objetivo principal da análise) para obter a evolução temporal de um determinado intervalo de informações (numéricos ou não), correlacionando o parâmetro escolhido (Y) ao tempo de análise (T). De forma generalizada, pode ser definido como um teste para avaliar qual a tendência evolutiva de Y em relação a T, reconhecendo ou não uma mudança

monotônica dos dados (i.e. que pode ser classificada como crescente, estritamente crescente, decrescente, estritamente decrescente ou constante).

Este teste pode ser aplicável para analisar tendências temporais de evolução da qualidade dos recursos hídricos, conferindo a possibilidade de guiar os passos das agências ambientais na tomada de medidas gerenciais quanto à conservação de rios e bacias, por exemplo.

Embora as metodologias de análise estatística sejam bastante disseminadas atualmente, ainda é possível evidenciar a ausência da aplicação deste tipo de teste na integração dos bancos de dados de algumas agências ambientais, seja devido ao custo dos softwares versus orçamento disponível, falta de conhecimento técnico na área, falta de estrutura para trabalhar com os dados coletados, ou outros motivos gerais. Desta forma, é importante encontrar uma ferramenta que possa realizar este tipo de análise e que seja de uso simplificado, de baixo ou nenhum custo, e que possibilite a análise confiável dos dados não paramétricos, quando este tipo de análise for necessária.

Pensando nisso, a empresa GSI Environment Inc. (GSI) desenvolveu uma ferramenta de uso fácil e gratuito, nomeada de GSI Mann-Kendall Toolkit, a qual se trata de uma planilha aplicável à análise de tendências temporais de evolução dos níveis de contaminação na água subterrânea. Apesar dos objetivos comerciais da GSI serem relacionados ao estudo das águas subterrâneas, esta ferramenta pode ser utilizada para analisar dados estatísticos não paramétricos gerais, desde que seja aplicada da forma adequada ao modelo disponibilizado pela empresa. O uso desta ferramenta permite uma análise temporal rápida e confiável que pode ser aplicada por qualquer profissional, mesmo que não possua conhecimentos técnicos relacionados a área de estatística.

Compreendendo a atual necessidade de integrar as informações contidas no banco de dados obtido pelo INEMA ao longo dos últimos nove anos, tem-se que o objetivo deste estudo é avaliar a evolução dos IQAs apresentados desde o ano de 2008 pelo Programa Monitora, utilizando a ferramenta de análise estatística GSI Mann-Kendall *Toolkit* para obter uma tendência temporal dos resultados obtidos nos pontos de amostragem do município de Salvador, Bahia, Brasil. Adicionalmente, buscou-se testar uma ferramenta de análise estatística de baixo custo e fácil uso para compreender sua aplicabilidade na rotina dos estudos ambientais

Considerando que o conhecimento estatístico já está disseminado pela comunidade científica, o mesmo não será objeto principal deste estudo, visto que foi utilizado um programa automático para obtenção dos resultados e gráficos que embasou as considerações finais do mesmo. Desta forma, têm-se que a relevância científica deste estudo se dá pela atual necessidade de integração do conjunto de dados existentes com uma ferramenta estatística de análise de tendência de fácil uso, o que poderá embasar estudos futuros sobre o gerenciamento da qualidade dos recursos hídricos no estado da Bahia.

## 2. METODOLOGIA

A metodologia de elaboração deste estudo seguiu as orientações do método estatístico planejado por Quetelet e descrito da seguinte forma por Lakatos e Marconi (2003): “os processos estatísticos permitem obter, de conjuntos complexos, representações simples e constatar se essas verificações simplificadas têm relações entre si. Assim, o método estatístico significa redução de fenômenos sociológicos, políticos, econômicos etc. a termos quantitativos e a manipulação estatística, que permite comprovar as relações dos fenômenos entre si, e obter generalizações sobre sua natureza, ocorrência ou significado”.

Para embasar a utilização do método mencionado anteriormente, foram realizadas, primordialmente, as etapas listadas a seguir:

1. Os resultados dos IQAs calculados para os pontos de amostragem do município de Salvador e apresentados pelo Programa Monitora foram compilados e conferidos, de modo que foi possível limitar a quantidade de pontos de amostragem para o município de interesse; e
2. Com base nesses IQAs, foi utilizada a ferramenta GSI Mann-Kendall Toolkit para aplicação de um teste Mann-Kendall, a fim de obter a avaliação temporal da evolução dos IQAs, atendendo ao objetivo principal deste estudo.

Os materiais e métodos utilizados para cada uma das etapas mencionadas anteriormente serão detalhados nos itens a seguir.

### 2.1. Dados do Programa Monitora

O Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) definiu uma regionalização dos recursos hídricos para fins de gestão, estabelecendo 17 RPGAs na Bahia. Com isso, o Programa Monitora realiza a coleta de amostras e disponibilização de resultados com base em cada RPGA. Anualmente, são disponibilizados no portal do Sistema Estadual de Informações Ambientais (SEIA) e no SEIRH relatórios com os resultados de cada campanha realizada e gráficos compilando os dados de IQA calculados por ponto, por município ou por RPGA.

Para fins de adequar a compreensão dos dados aqui apresentados, cada campanha disponibilizada nos sistemas mencionados anteriormente foi enumerada com o seu respectivo ano de execução e, separando-se com uso de um ponto, foi adicionado um número (variando de um a quatro), que compreende a ordem de execução de cada campanha dentro do mesmo ano. Desta forma, pode-se dizer que foram consultados os resultados das campanhas 2008.1, 2008.3, 2008.4, 2009.1, 2009.2, 2009.3, 2009.4, 2010.1, 2010.2, 2011.1, 2011.2, 2012.1, 2012.2, 2013.1, 2013.2, 2013.3, 2014.1, 2014.2, 2014.3, 2015.1, 2015.2, 2016.1, 2016.2, 2016.3. Os resultados da campanha de 2008.2 não estavam disponíveis no SEIRH ou outra fonte para consulta, por este motivo, este resultado foi desconsiderado neste estudo. Adicionalmente, os três pontos de coleta considerados na campanha 2008.1 não



Os pontos amostrais foram distribuídos ao longo de diversos recursos hídricos do município, apresentando características tanto lóxicas, quanto lênticas. Salienta-se que a avaliação quanto à representatividade dos pontos amostrais escolhidos, bem como quanto à frequência de amostragem dos mesmos não faz parte dos objetivos deste estudo.

Dentre os 30 pontos amostrais selecionados pelo INEMA, é possível afirmar que apenas os pontos RCN-ABT-100 e RCN-JGB-600 foram repetidos em todas as 23 campanhas consideradas. Os pontos restantes só foram coletados a partir de 2011.1, sendo que nem todos eles foram repetidos nestas 15 campanhas seguintes. Os pontos RCN-IMR-001 e RCN-IFD-001 foram desconsiderados deste estudo por não apresentarem uma sequência regular dentro do universo amostral, o que impediu uma interpretação confiável dos resultados obtidos. Desta forma, serão analisados 28 pontos de amostragem neste estudo.

Os IQAs obtidos para os pontos considerados neste estudo estão apresentados no Apêndice B, separados entre os quadros A (para os pontos RCN-ABT-100 e RCN-JGB-600) e B (para os pontos restantes).

## 2.2. Teste Mann-Kendall e a ferramenta GSI Mann-Kendall Toolkit

O teste Mann-Kendall é um teste não paramétrico, inicialmente sugerido por Mann, em 1945, ao usar o teste de significância de Tau de Kendall com a variável X sendo o tempo (T), como em uma análise de tendência (TRINDADE, 2013). Tipicamente, o teste é usado para um propósito específico: determinar se o valor central muda ao longo do tempo. Dessa forma, é um teste aplicável em várias situações (HELSEL; HIRSCH, 1992).

Para realizar o teste Mann-Kendall, a estatística Sazonal (S) de Kendall (i.e. que leva em consideração a sazonalidade dos dados) é computada a partir da comparação de todos os pares Y, T (parâmetro, tempo) (TRINDADE, 2013). Ainda segundo Trindade (2013), é um procedimento baseado em ranque, onde os valores são avaliados como uma série temporal ordenada, sendo que cada valor é comparado com todos os dados subsequentes. Sendo assim, é possível afirmar que o produto deste teste depende do ranking individual de cada dado e não da magnitude dos mesmos.

Trindade (2013) ainda afirma que outras variáveis além do tempo tendem a ter influência considerável sobre a resposta da variável Y. Essas variáveis exógenas são usualmente naturais, fenômenos casuais como qualidade da amostra coletada, repetição da coleta no mesmo ponto amostral, definição de um plano de amostragem aplicável, etc. Ao retirar a variação em Y causada por essas variáveis, as interferências são reduzidas de forma que qualquer sinal de tendência pode ser visualizado e o poder do teste em discernir mudanças em Y por T é aumentado (TRINDADE, 2013). Assim como para outros efeitos externos, a variação sazonal deve ser compensada ou removida para se obter um melhor discernimento da tendência de Y em função do tempo. Ao contrário, haverá pouco poder no teste para

detectar tendências que estão realmente presentes (HELSEL; HIRSCH, 1992; BOEDER; CHANG, 2008).

Diversos softwares podem ser aplicados para o cálculo da estatística S de Mann-Kendall. Adicionalmente, existem variadas técnicas estatísticas de desenvolvimento dos cálculos de tendências temporais aplicando-se conceitos matemáticos compatíveis com a questão. Entretanto, como um dos objetivos deste estudo é testar a aplicação de uma ferramenta de análise estatística de baixo custo e fácil uso em estudos ambientais, a avaliação aqui proposta será conduzida com o uso da ferramenta GSI Mann-Kendall Toolkit.

Conforme mencionado anteriormente, por motivos comerciais, esta ferramenta foi criada pela empresa GSI para avaliar a tendência evolutiva dos contaminantes em águas subterrâneas. No entanto, a mesma se baseia nos princípios estatísticos do teste Mann-Kendall e, por este motivo, pode ser aplicada para o entendimento da tendência temporal que está sendo avaliada para os IQAs no município de Salvador.

A ferramenta se baseia em três métricas estatísticas, a saber:

- a) A estatística “S”, que indica se os valores de Y versus T estão crescendo (valor positivo de S) ou decrescendo (valor negativo de S). É baseada na soma das diferenças entre os resultados aplicados para cada campanha amostral considerada para cada ponto de amostragem individualmente. Por exemplo, se o IQA avaliado em 2008.4 for maior que em 2008.3, o  $S = +1$ , se for menor, então  $S = -1$ , e se for igual,  $S = 0$ . Para cada ponto de amostragem, o resultado de uma campanha é comparado com cada campanha anteriormente realizada e a pontuação obtida para cada comparação é somada a fim de se obter um S final;
- b) O fator de confiança (CF, confidence factor), que modifica o cálculo da estatística S para indicar o grau de confiança no resultado da tendência. O CF é, principalmente, usado para avaliar a confiabilidade das relações “crescente versus provavelmente crescente” e “decrecente versus provavelmente decrescente”. Adicionalmente, quando o CF é muito baixo (causado tanto pela baixa variação entre os dados, quanto pela alta variação entre os dados se relacionados com T), é possível obter um resultado chamado de “sem tendência”. Enquanto a estatística S é usada para indicar a direção da tendência (entre crescente e decrescente), o CF é usado para avaliar a forma desta tendência. Os resultados “provavelmente crescente” e “provavelmente decrescente” foram desenvolvidos especificamente para o uso desta ferramenta, a fim de conceder maior confiabilidade aos resultados analisados, e estes resultados só podem ser obtidos através da análise do CF realizada pela mesma. Tecnicamente, pode-se dizer que o objetivo de CF é rejeitar a hipótese nula  $H_0$  (sem tendência) da ferramenta estatística utilizada neste caso, comprovando uma hipótese  $H_A$  que demonstra qualquer tendência dentro do período avaliado. Desta forma, se  $CF > 95\%$ , tem-se uma tendência “forte” de crescimento ou decrescimento. Caso CF esteja entre 90 e 95%, podem ser aplicados os conceitos de “provavelmente crescente” e “provavelmente decrescente”. Por fim, caso o CF seja menor que 90%, tem-se que a avaliação pode gerar um resultado “sem tendência” ( $H_0$ ) ou “estável” ( $H_A$ ), que será definido através da métrica explicada a seguir; e

c) O coeficiente de variação (COV), que, conforme descrito anteriormente, é usado para distinguir a diferença entre um resultado “sem tendência” (variação irreconhecível ao longo de T) de um resultado “estável” (variação limitada ao longo de T).

O Quadro 2 apresenta as relações entre os valores de S, CF e COV.

Quadro 2 – Relação entre os resultados de S e a tendência obtida

Estatística S	Confiabilidade na tendência	Resultado da Tendência
$S > 0$	CF > 95%	Crescente
$S > 0$	90% CF 95%	Provavelmente crescente
$S > 0$	CF < 90%	Sem tendência
$S = 0$	CF < 90% e COV = 1	Sem tendência
$S = 0$	CF < 90% e COV < 1	Estável
$S < 0$	90% CF 95%	Provavelmente decrescente
$S < 0$	CF > 95%	Decrescente

Fonte: AZIZ et al, 2003.

Para a correta funcionalidade da ferramenta, é necessária a inserção de mais de quatro resultados por ponto de amostragem e não se pode digitar o valor zero no banco de dados. Adicionalmente, não é possível atribuir um valor fictício para suprir a ausência de dados entre as campanhas, pois não se pode propor um resultado (mesmo que mediano) para uma campanha onde não houve coleta de amostra. Desta forma, os resultados ausentes foram deixados desta forma e avaliados de maneira particular.

A interface para entrada de dados e para apresentação dos resultados está representada esquematicamente na Figura 2 a seguir.

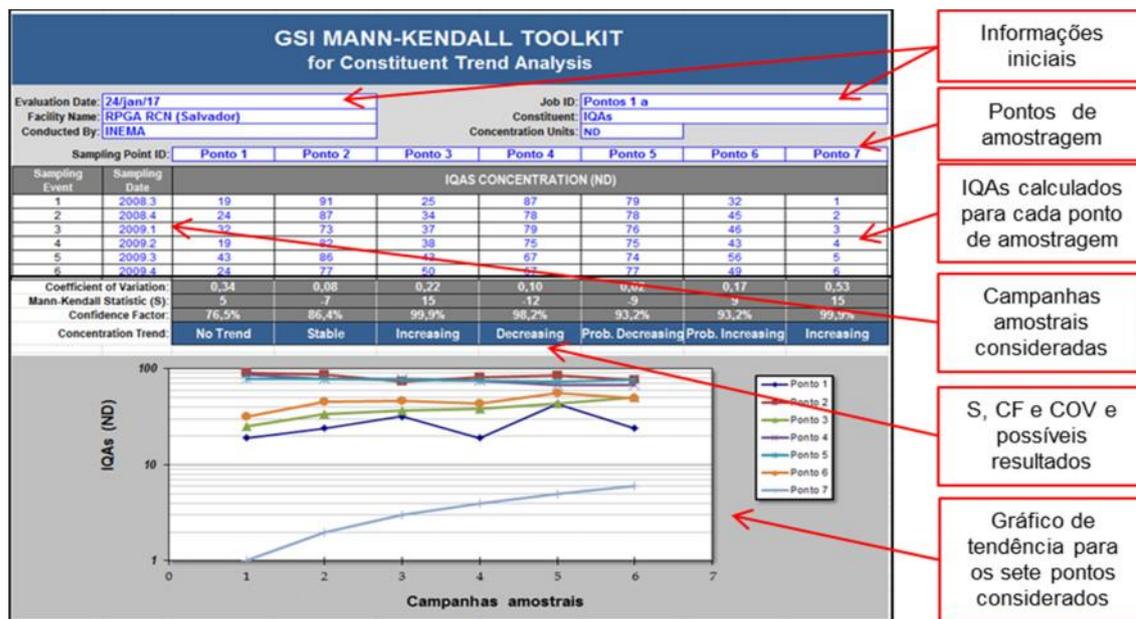


Figura 2 – Representação esquemática da interface da ferramenta GSI Mann-Kendall Toolkit. Elaboração própria, 2017.

Como pode ser visto na Figura 2, toda a ferramenta foi desenvolvida no idioma inglês. No entanto, não são exigidos exímios conhecimentos da língua para proceder com o uso da mesma. O download desta ferramenta pode ser realizado gratuitamente no site da empresa GSI e demanda apenas a utilização do programa Excel desenvolvido pela empresa Microsoft. Os resultados são obtidos instantaneamente, assim como os gráficos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os IQAs de cada ponto, pode-se dizer que 17 deles apresentam resultados inseridos, primordialmente, nas categorias ruim e/ou péssimo, conforme classificação sugerida pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). São eles: RCN-CPB-100, RCN-CMJ-500, RCN-CMJ-800, RCN-CMJ-850, RCN-COB-950, RCN-IMR-002, RCN-JGB-100, RCN-JGB-600, RCN-LDR-001, RCN-LUC-100, RCN-LUC-400, RCN-MAN-100, RCN-PAR-700, RCN-PAR-950, RCN-PIT-200, RCN-SEI-300 e RCN-TRI-600. Dentre os pontos mencionados, é importante enaltecer que os piores resultados foram obtidos para os pontos RCN-CMJ-500 e RCN-CMJ-800 (Rio Camarajipe) e RCN-JGB-100 (Rio Jaguaribe), que são recursos hídricos de conhecida influência antropogênica.

Após a inserção dos dados obtidos através do Programa Monitora na ferramenta GSI Mann-Kendall Toolkit, foram avaliados os resultados da tendência temporal dos IQAs para os 28 pontos de amostragem considerados neste estudo. O Apêndice C apresenta os resultados gerados para cada ponto de amostragem com

uso da ferramenta, enquanto o Gráfico 1 demonstra a tendência geral desses resultados.

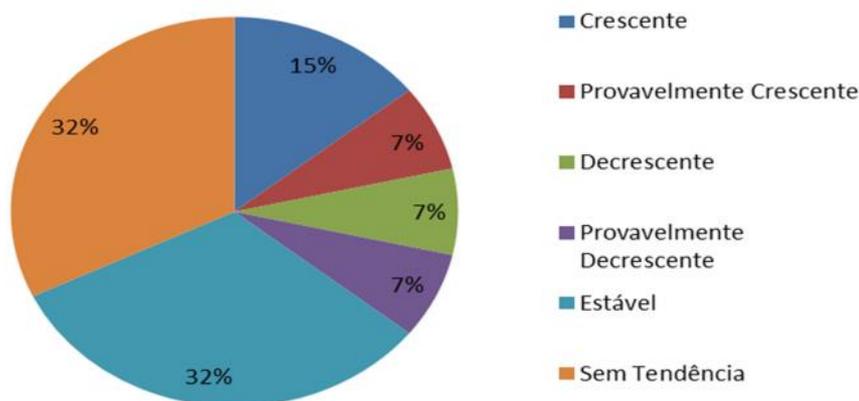


Gráfico 1 – Avaliação das tendências obtidas para todos os pontos amostragem. Elaboração própria, 2017.

O Gráfico 1 demonstra que a maior parte dos IQAs avaliados apresenta uma tendência estável ou nenhuma tendência. Apresentaram tendência estável os pontos RCN-CBP-100, RCN-CMJ-850, RCN-IFD-002, RCN-IRM-002, RCN-LFL-001, RCN-LTO-001, RCN-PAR-950, RCN-PIT-200 e RCN-TRI-600. Os pontos sem tendência definida foram RCN-BIP-002, RCN-CMJ-500, RCN-CMJ-800, RCN-JGB-100, RCN-LFD-001, RCN-LUC-100, RCN-LUC-400, RCN-LTX-002 e RCN-SEI-300.

Nenhum dos resultados “estáveis” apresentou CF 90%. Dentre os nove resultados “estáveis”, cinco foram amostrados em todas as campanhas, ou seja, com um significativo volume de dados, o que indica que o baixo CF nesses pontos pode estar relacionado ao alto valor de COV dos IQAs. Os outros quatro pontos podem ter apresentado baixo CF pela reduzida quantidade de dados disponíveis, o que diminui o grau de certeza atribuído ao COV e, conseqüentemente, ao CF.

Dentre os resultados sem tendência definida, entende-se que a quantidade de dados expostos pode ter sido diferencial para estes resultados, uma vez que a variação do COV associada a poucos dados pode ser crítica para a obtenção de uma tendência estabelecida. Entende-se que outras análises deveriam ser conduzidas para que esta tendência seja reavaliada, uma vez que cinco pontos entre os nove apresentaram IQAs ruins e/ou péssimos, o que demonstra a importância da continuidade desta avaliação com um maior volume de dados para realmente entender se não é possível avaliar uma tendência ou se este resultado foi influenciado pelo universo amostral.

Os pontos que apresentaram resultados entre crescente e provavelmente crescente, ou seja, um recurso hídrico com tendência a apresentar uma melhor qualidade, foram: RCN-ABT-100, RCN-LCO-001, RCN-LDR-001, RCN-LPX-001,

RCN-MAN-100, e RCN-PAR-700. Embora tenham apresentado uma tendência crescente, os rios Mangabeira e Paraguari continuam apresentando IQAs de baixa qualidade e estão localizados em regiões com baixa qualidade de saneamento básico e distribuição de esgoto (nas proximidades do Bairro da Paz e Periperi, respectivamente), o que pode ser indicativo de influência antropogênica na qualidade destes recursos hídricos.

Já os pontos que apresentaram resultados de IQAs decrescentes e provavelmente decrescentes (i.e. com redução da qualidade da água), foram: RCN-BIP-001, RCN-COB-950, RCN-JGB-600 e RCN-LPI-001. Dentre estes pontos, aqueles que apresentaram IQA médio razoável e ruim foram, respectivamente, os Rios Jaguaribe e Cobre. Ambos os rios estão localizados em zonas populadas e com fácil acesso do sistema de esgotamento sanitário de Salvador. O Rio Cobre, inclusive, embora esteja inserido em uma região suprida pelo emissário submarino do Rio Vermelho (responsável pelo despejo do esgotamento sanitário de boa parte da cidade), está localizado em uma zona com pouca estrutura habitacional, o que permite que a população realize despejos in natura, diminuindo assim a qualidade do recurso hídrico ao longo dos anos. Os outros dois pontos (Barragem de Ipitanga I e Lagoa de Pituaçu), embora estejam apresentando tendência de diminuição da qualidade, ainda apresentaram IQAs considerados bons. Sugere-se apenas que seja realizado um acompanhamento quanto a estes dois recursos hídricos, uma vez que a constante diminuição dos seus IQAs pode ser indicativa de influências negativas ao longo destes recursos hídricos.

Dentre os 28 pontos considerados, sabe-se que 13 não foram amostrados em todas as campanhas avaliadas neste estudo, dos quais apenas quatro apresentaram um CF > 95%. Se os mesmos 13 pontos considerados fossem avaliados sem o intervalo entre as campanhas (mantendo os mesmos dados e suas mesmas quantidades), não haveria alteração do resultado final de tendência, porém, forneceria mais dados para redução da incerteza do método. Desta forma, entende-se que a incerteza dos resultados pode estar relacionada a fatores alheios ao método (e.g. período e metodologia de amostragem; representatividade das amostras – coleta em período chuvoso ou em diferentes marés; etc.).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme descrito anteriormente, foram considerados os dados fornecidos pelo Programa Monitora para avaliar a evolução temporal dos IQAs nos recursos hídricos do município de Salvador. Foi possível perceber que os piores resultados de IQA foram obtidos para recursos hídricos localizados em pontos com pouca estrutura habitacional e deficiente sistema de esgotamento sanitário. Considerando o uso da ferramenta estatística GSI Mann-Kendall Toolkit, é possível dizer que, dentre os IQAs analisados para 28 recursos hídricos do município de Salvador, seis apresentaram tendências crescentes ou provavelmente crescentes, quatro apresentaram tendências decrescentes ou provavelmente decrescentes, nove apresentaram tendências estáveis e outros nove não apresentaram tendência definida.

Entendeu-se que os dados fornecidos pelo Programa são, inicialmente, capazes de contribuir com uma base concreta para a compreensão da qualidade hídrica geral do município, pois, quando considerados os resultados finais dos IQAs apresentados pelo INEMA, pode-se estabelecer uma escala temporal que indica a condição evolutiva dos recursos hídricos desde o ano de 2008. No entanto, devido a oscilação na distribuição dos dados, foi necessário definir recursos hídricos prioritários para avaliação e, inclusive, excluir períodos amostrais coletados pelo INEMA, numa tentativa de conferir maior confiabilidade à esta escala evolutiva. Se tais limitações forem somadas ao fato de que não se conhece algumas informações importantes sobre as amostras coletadas (e.g. período e metodologia de amostragem; representatividade das amostras – coleta em período chuvoso ou em diferentes marés; etc.), seriam necessários dados mais aprofundados para o desenvolvimento mais robusto deste estudo.

Salienta-se mais uma vez que não foram mencionados os períodos de maré e/ou horas e datas das coletas de amostras nos resultados apresentados pelo INEMA, o que pode influenciar no comparativo entre as campanhas e proporcionar uma interferência externa que não está prevista pela ferramenta estatística. De maneira prática, pode-se dizer, por exemplo, que não é adequado comparar resultados de IQAs obtidos em diferentes estações do ano pois as próprias condições hidrodinâmicas dos recursos hídricos nestes períodos podem influenciar nos resultados analíticos dos parâmetros físico-químicos e, conseqüentemente, nos IQAs finais. Desta forma, entende-se que é recomendável uma divulgação mais detalhada da metodologia de amostragem e dos resultados finais para uma completa avaliação desta incerteza e para um comparativo entre os IQAs com base em variáveis externas.

O uso da ferramenta GSI Mann-Kendall Toolkit se provou eficaz para esta análise temporal, pois proporcionou uma análise simplificada, sem nenhum custo atribuído, utilizável por qualquer tipo de profissional e aplicável ao contexto proposto. O fato de ser aplicada em um outro idioma não demonstrou ser um fator que dificulta seu uso, devido à sua fácil interface. Adicionalmente, a ferramenta provou que a dificuldade de obter resultados mais concretos pode ser atribuída ao universo amostral, muito mais do que à análise Mann-Kendall, a qual desconsidera influências externas que podem ter causado os resultados apresentados pelo INEMA.

Compreende-se ainda que o banco de dados apresentado no SEIRH poderia apresentar um comparativo entre os resultados anuais, para fornecer uma noção simplificada de tendência à população que busca acesso a estas informações, bem como aos Comitês de Bacia que buscam atuar na melhoria dos recursos hídricos no estado, uma vez que a ferramenta aplicada a este estudo poderia ser facilmente disseminada dentro do órgão ambiental do estado.

Adicionalmente, entende-se que este estudo apresenta uma relevância científica significativa, pois pode oferecer uma base prioritária de ação ao Comitê da RPGA do Recôncavo Norte o qual poderá investir em ações iniciais para aqueles recursos hídricos que estão apresentando tendências decrescentes ou provavelmente decrescentes, ou ainda que estão mantendo-se estáveis com baixo IQA.

Com base no exposto, sugere-se como possíveis estudos futuros:

- Repetir o mesmo estudo para as outras RPGAs existentes no estado da Bahia;
- Aplicação da ferramenta GSI Mann-Kendall Toolkit nos resultados dos parâmetros físico químicos de cada recurso hídrico da RPGA RCN para avaliar a evolução temporal de cada parâmetro e tentar estabelecer uma conexão entre este quadro evolutivo com o desenvolvimento das comunidades adjacentes, obtendo uma estratégia de ação focada na melhoria pontual de cada parâmetro; e
- Enriquecimento deste estudo com uso uma ferramenta estatística paramétrica, que poderá analisar a qualidade dos recursos hídricos, não só com base no seu IQA, mas considerando unificadamente suas características particulares, tais como OD, pH, etc., bem como considerando a influência dos métodos amostrais nos resultados obtidos.

## 5. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA. **Portal da Qualidade das Águas – Avaliação de Qualidade**. Disponível em < <http://pnqa.ana.gov.br/avaliacao.aspx>>. Acesso em: 09 fev. 2017, 21:10:00.

AZIZ, J.J., M. LING, H.S. RIFAI, C.J. NEWELL, AND J.R. GONZALES, 2003. **MAROS: A Decision Support System for Optimizing Monitoring Plans**. *Ground Water* 41(3): 355-367.

BAHIA. **Lei Estadual N.º 12.212 de 04 de maio de 2011**. Modifica a estrutura organizacional e de cargos em comissão da Administração Pública do Poder Executivo Estadual, e dá outras providências. Disponível em <<http://www.meioambiente.ba.gov.br/arquivos/File/Historico/LEI12212.pdf>>. Acesso em 15 jan. 2017, 12:10:00.

BOEDER, Mike; CHANG, Heejun. **Multi-scale analysis of oxygen demand trends in an urbanizing Oregon watershed, USA**. *Journal of Environmental Management*, v.87, p. 567- 581, jan. 2008.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **IQA – Índice de Qualidade das Águas**. 2013. Disponível em <<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/02.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2017, 15:34:45.

EMPRESA BAIANA DE ÁGUAS E SANEAMENTO. **Ações da Embasa em Salvador**. Secretaria de Desenvolvimento Urbano, set. 2013. Disponível em <[http://www.embasa.ba.gov.br/sites/default/files/sala\\_imprensa/publicacoes/arquivos/2013/10/04/acoes\\_da\\_embasa\\_em\\_salvador\\_out2013.pdf](http://www.embasa.ba.gov.br/sites/default/files/sala_imprensa/publicacoes/arquivos/2013/10/04/acoes_da_embasa_em_salvador_out2013.pdf)>. Acesso em: 12 fev. 2017, 20:13:50.

GROUNDWATER ENVIRONMENTAL INC. **GSI Mann-Kendall Toolkit For Constituent Trend Analysis - User's Manual Version 1.0.** Nov. 2012.

HELSEL, D.R.; HIRSCH, R.M. Trend Analysis. In: HELSEL, D.R.; HIRSCH, R.M. **Statistical methods in water resources.** Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V., 1992. Cap. 12, p. 323-355.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Diagnóstico da Qualidade Ambiental dos Rios de Salvador e Lauro de Freitas, Bahia, Brasil.** Bahia, Relatório Técnico N.º 028/16, 2016. Disponível em <<http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/uploads/2016/11/Relat%C3%B3rio-de-Monitoramento-028-2016-Rios-de-Salvador.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2017, 14:32:00.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Qualidade das Águas no Estado da Bahia. Programa Monitora – 1ª Campanha 2015 – RPGA do Recôncavo Norte e Inhambuê.** Bahia, Boletim 1/2015, 2015. v.1. Disponível em <[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Boletim\\_RPGA\\_Recncavo\\_Norte\\_Volume\\_1\\_2015\\_1C.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Boletim_RPGA_Recncavo_Norte_Volume_1_2015_1C.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2017, 16:12:00.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Qualidade das Águas no Estado da Bahia. Programa Monitora – 1ª Campanha 2015 – RPGA do Recôncavo Norte e Inhambuê.** Bahia, Boletim 1/2015, 2015. v.2. Disponível em <[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Boletim\\_RPGA\\_Recncavo\\_Norte\\_Volume\\_2\\_2015\\_1C.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Boletim_RPGA_Recncavo_Norte_Volume_2_2015_1C.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2017, 16:23:00.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Qualidade das Águas no Estado da Bahia. Programa Monitora – 2ª Campanha 2015 – RPGA do Recôncavo Norte e Inhambuê.** Bahia, Boletim 2/2015, 2015. v.1. Disponível em <[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Boletim\\_RPGA\\_Recncavo\\_Norte\\_Volume\\_1\\_2015\\_2C.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Boletim_RPGA_Recncavo_Norte_Volume_1_2015_2C.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2017, 16:35:40.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Qualidade das Águas no Estado da Bahia. Programa Monitora – 2ª Campanha 2015 – RPGA do Recôncavo Norte e Inhambuê.** Bahia, Boletim 2/2015, 2015. v.2. Disponível em <[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Boletim\\_RPGA\\_Recncavo\\_Norte\\_Volume\\_2\\_2015\\_2C.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Boletim_RPGA_Recncavo_Norte_Volume_2_2015_2C.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2017, 16:39:45.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório de Amostragem, Resultados e Considerações Finais.** Bahia, 2008. v.1. Disponível em <[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/wfd\\_122209487248d7b018c1472--1a\\_campanha-2008-resultados\\_vol1.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/wfd_122209487248d7b018c1472--1a_campanha-2008-resultados_vol1.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2017, 12:40:30.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório de Amostragem, Resultados e Considerações Finais – RPGA do Recôncavo Norte e Inhambupe.** Bahia, 2008. v.II. Disponível em <[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/2a\\_campanha-2008\\_6.RPGA\\_Reconcavo\\_norte.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/2a_campanha-2008_6.RPGA_Reconcavo_norte.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2017, 12:55:00.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório de Amostragem, Resultados e Considerações Finais – RPGA do Recôncavo Norte e Inhambupe.** Bahia, 2008. v.II. Disponível em <[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/3a\\_campanha-2008\\_6.RPGA\\_Reconcavo\\_Norte.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/3a_campanha-2008_6.RPGA_Reconcavo_Norte.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2017, 13:05:10.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório de Amostragem, Resultados e Considerações Finais – RPGA do Recôncavo Norte e Inhambupe.** Bahia, 2008. v.2. Disponível em <[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/4a\\_campanha-2008\\_RPGA\\_Reconcavo\\_Norte.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/4a_campanha-2008_RPGA_Reconcavo_Norte.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2017, 13:12:00.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório de Monitoramento da Qualidade das Águas – Região de Planejamento e Gestão das Águas Recôncavo Norte e Inhambupe.** Bahia, 2012. v.I. Disponível em <[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Relatorio-Reconcavo\\_Norte\\_Volume\\_1\\_2012-1\\_FINAL.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Relatorio-Reconcavo_Norte_Volume_1_2012-1_FINAL.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2017, 14:42:30.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório de Monitoramento da Qualidade das Águas – Região de Planejamento e Gestão das Águas Recôncavo Norte e Inhambupe.** Bahia, 2012. v.II. Disponível em <[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Relatorio-Reconcavo\\_Norte\\_Volume\\_2\\_2012-1\\_FINAL\\_.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Relatorio-Reconcavo_Norte_Volume_2_2012-1_FINAL_.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2017, 14:50:00.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório de Monitoramento da Qualidade das Águas – Região de Planejamento e Gestão das Águas Recôncavo Norte e Inhambupe.** Bahia, 2012. v.I. Disponível em <[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Relatorio-Reconcavo\\_Norte\\_Volume\\_1\\_camp\\_2\\_2012\\_FINAL.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Relatorio-Reconcavo_Norte_Volume_1_camp_2_2012_FINAL.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2017, 15:00:30.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório de Monitoramento da Qualidade das Águas – Região de Planejamento e Gestão das Águas Recôncavo Norte e Inhambupe.** Bahia, 2012. v.II. Disponível em <[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Relatorio-Reconcavo\\_Norte\\_Volume\\_2\\_camp\\_2\\_2012\\_FINAL\\_.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Relatorio-Reconcavo_Norte_Volume_2_camp_2_2012_FINAL_.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2017, 15:07:00.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório de Monitoramento da Qualidade das Águas – Região de Planejamento e Gestão das Águas Recôncavo Norte e Inhambupe.** Bahia, 2013. v.I. Disponível em <[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Relatorio\\_Reconcavo\\_Norte\\_Vol\\_I\\_C1\\_2013\\_FINAL.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Relatorio_Reconcavo_Norte_Vol_I_C1_2013_FINAL.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2017, 15:15:30.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório de Monitoramento da Qualidade das Águas – Região de Planejamento e Gestão das Águas Recôncavo Norte e Inhambupe.** Bahia, 2013. v.II. Disponível em <[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Relatorio\\_Reconcavo\\_Norte\\_Vol\\_II\\_C1\\_2013\\_FINAL.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Relatorio_Reconcavo_Norte_Vol_II_C1_2013_FINAL.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2017, 15:22:00.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório de Monitoramento da Qualidade das Águas – Região de Planejamento e Gestão das Águas Recôncavo Norte e Inhambupe.** Bahia, 2013. v.I. Disponível em <[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Relatorio\\_Recncavo\\_NorteVL\\_1\\_C2\\_2013-Final.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Relatorio_Recncavo_NorteVL_1_C2_2013-Final.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2017, 15:45:00.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório de Monitoramento da Qualidade das Águas – Região de Planejamento e Gestão das Águas Recôncavo Norte e Inhambupe.** Bahia, 2013. v.II. Disponível em <[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Relatorio\\_Recncavo\\_Norte\\_vol\\_2\\_C2\\_2013\\_Final.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Relatorio_Recncavo_Norte_vol_2_C2_2013_Final.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2017, 15:49:30.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório de Monitoramento da Qualidade das Águas – Região de Planejamento e Gestão das Águas Recôncavo Norte e Inhambupe.** Bahia, 2013. v.I. Disponível em <[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Relatorio\\_Recncavo\\_Norte\\_vol\\_1\\_C3\\_2013\\_final.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Relatorio_Recncavo_Norte_vol_1_C3_2013_final.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2017, 15:55:00.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório de Monitoramento da Qualidade das Águas – Região de Planejamento e Gestão das Águas Recôncavo Norte e Inhambupe.** Bahia, 2013. v.II. Disponível em <[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Relatorio\\_Recncavo\\_Norte\\_vol\\_2\\_C3\\_2013\\_final.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/Relatorio_Recncavo_Norte_vol_2_C3_2013_final.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2017, 16:02:00.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório do Programa Monitora – RPGA do Recôncavo Norte e Inhambupe.** Bahia, 2009. v.II. Disponível em <[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/200901\\_campanha\\_6.RPGA\\_Reconcavo\\_Norte.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/200901_campanha_6.RPGA_Reconcavo_Norte.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2017, 13:20:00.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório do Programa Monitora – RPGA do Recôncavo Norte e Inhambupe**. Bahia, 2009. v.2. Disponível em <[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/200902\\_campanha\\_Reconcavo\\_Norte\\_Camp\\_2\\_2009.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/200902_campanha_Reconcavo_Norte_Camp_2_2009.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2017, 13:26:20.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório do Programa Monitora – RPGA do Recôncavo Norte e Inhambupe**. Bahia, 2009. v.II. Disponível em <[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/200903\\_campanha\\_6\\_Reconcavo\\_Norte.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/200903_campanha_6_Reconcavo_Norte.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2017, 13:34:20.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório do Programa Monitora – RPGA do Recôncavo Norte e Inhambupe**. Bahia, 2009. v.2. Disponível em <[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/200904\\_campanha\\_6\\_Reconcavo\\_Norte.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/200904_campanha_6_Reconcavo_Norte.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2017, 13:45:20.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório do Programa Monitora – RPGA do Recôncavo Norte e Inhambupe**. Bahia, 2010. v.2. Disponível em <[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/201001\\_campanha\\_11.\\_Reconcavo\\_Norte\\_1\\_C.2010.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/201001_campanha_11._Reconcavo_Norte_1_C.2010.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2017, 13:57:00.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório do Programa Monitora – RPGA do Recôncavo Norte e Inhambupe**. Bahia, 2010. v.2. Disponível em <[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/201002\\_campanha\\_11.Reconcavo\\_Norte\\_2C.2010.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/201002_campanha_11.Reconcavo_Norte_2C.2010.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2017, 14:10:00.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório do Programa Monitora – RPGA do Recôncavo Norte e Inhambupe**. Bahia, 2011. v.II. Disponível em <[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/relatorio\\_rcn\\_v2\\_2011.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/relatorio_rcn_v2_2011.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2017, 14:15:00.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório do Programa Monitora – RPGA do Recôncavo Norte e Inhambupe**. Bahia, 2011. v.1. Disponível em <[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/RCN\\_V1\\_C2final.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/RCN_V1_C2final.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2017, 14:23:30.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Relatório do Programa Monitora – RPGA do Recôncavo Norte e Inhambupe**. Bahia, 2011. v.2. Disponível em <[http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/RCN\\_V2\\_C2final.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/files/RCN_V2_C2final.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2017, 14:27:30.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Gráfico de IQA.** Sistema Estadual de Informações de Recursos Hídricos. Disponível em <<http://monitora.inema.ba.gov.br/index.php/graficoiqa/index>>. Acesso em: 19 jan. 2017, 12:33:45.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

TRINDADE, A. L. C. **Aplicação de Técnicas Estatísticas para Avaliação de Dados de Monitoramento de Qualidade das Águas Superficiais da Porção Mineira da Bacia do Rio São Francisco.** Belo Horizonte, MG, 2013. Originalmente apresentada como dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/1037M.PDF>>. Acesso em: 15 jan. 2017, 16:12:00. p 21 – 23.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – Localização detalhada dos 30 pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Recurso Hídrico	Localização
RCN-ABT-100	Lagoa do Abaeté	Na lagoa do Abaeté, um pouco distante da área de recreação, na ladeira do Mirante, Bairro Itapuã
RCN-BIP-001	Barragem Ipitanga II	Represa Ipitanga II, acesso pela via interna da área de lavra da Pedreira Bahia, utilizando-se inicialmente a Estrada denominada de Bonsucesso, existente junto a CEASA (sul da B Ipitanga II).
RCN-BIP-002	Barragem Ipitanga I	O ponto está localizado no vertedouro da barragem de Ipitanga I, no local de captação de água da EMBASA para ETA da Bolandeira, no bairro de Cassange.
RCN-CBP-100	Córrego do Bispo	Na lagoa do Abaeté, um pouco distante da área de recreação, na ladeira do Mirante, Bairro Itapuã
RCN-CMJ-500	Rio Camarajipe	Sob a ponte na Estrada de Campinas, após entroncamento com a Rua do Bambuí no bairro Baixa do Camarajipe. Próximo da entrada na BR-324 para o bairro Boa Vista de São Caetano.
RCN-CMJ-800	Rio Camarajipe	Avenida Glauber Rocha (Estrada da Rainha), ao lado da loja Rei das Miudezas em Baixa de Quintas. Situado nos fundos do cemitério Quintas dos Lázarus.
RCN-CMJ-850	Rio Camarajipe	Ponto localizado próximo ao posto BR na av. ACM e a rodoviária municipal de Salvador.
RCN-COB-950	Rio Cobre	Sob a ponte da Avenida Suburbana, próxima à Avenida Afrânio Peixoto e Rua 1º de Novembro no bairro de Plataforma em Salvador.
RCN-IFD-001	Rio da Ilha dos Frades	Localizado em rio próximo da praia de Loreto na Ilha dos Frades.

<b>Ponto de amostragem</b>	<b>Recurso Hídrico</b>	<b>Localização</b>
RCN-IFD-002	Rio da Ilha dos Frades	Localizado em barramento próximo da praia de Ponta de Nossa Senhora na Ilha dos Frades.
RCN-IMR-001	Rio da Ilha de Maré	Ponto situado no lado norte da Ilha de Maré, com vista para a Ilha do Topete/Candeias.
RCN-IMR-002	Rio da Ilha de Maré	Localizado em rio próximo da praia de Botelho na Ilha de Maré.
RCN-JGB-100	Rio Jaguaribe	Sob a ponte da Rua General Figueiredo, esquina com rua 2ª Travessa, que é paralela a Via Regional, no bairro de Águas Claras.
RCN-JGB-600	Rio Jaguaribe	Sob a ponte na Avenida Luiz Viana Filho (Av. Paralela) sobre o rio Jaguaribe, próximo a entrada do Condomínio AlphaVille 2, em frente ao canteiro central entre as duas rodovias.
RCN-LCO-001	Lagoa do Cobre	O ponto está situado no vertedouro da lagoa do Cobre de propriedade da EMBASA, na Estrada do Cobre, bairro de Pirajá.
RCN-LDR-001	Lagoa do Paraíso – Doron	Ponto localizado entre o Conjunto DORON, Avenida Paralela e Av. Edgard Santos, Salvador. Divisa dos bairros de Doron e Narandiba.
RCN-LFD-001	Lagoa dos Frades	Ponto situado na Avenida Professor Manoel Ribeiro, no bairro do Stiep.
RCN-LFL-001	Lagoa Praia do Flamengo	Ponto localizado sob a ponte na Alameda Cabo Frio, na praia do Flamengo.
RCN-LPI-001	Lagoa de Pituacú	Localizado no píer que dá acesso ao pedalinho da Lagoa, próximo à entrada principal.
RCN-LPX-001	Lagoa da Paixão	Situado próximo a USIBA e ao fundo do condomínio “Lagoa da Paixão”, no bairro Nova Brasília de Valéria.
RCN-LPX-002	Lagoa da Paixão	Ponto situado no bairro de Nova Brasília de Valéria.
RCN-LTO-001	Dique do Tororó	Ponto situado na Avenida Vasco da Gama, próximo ao restaurante do Dique do Tororó.

<b>Ponto de amostragem</b>	<b>Recurso Hídrico</b>	<b>Localização</b>
RCN-LUC-100	Rio Lucaia	Ponto localizado no cruzamento entre as avenidas Vasco da Gama com a Av. Anita Garibaldi.
RCN-LUC-400	Rio Lucaia	Ponto localizado na Avenida Antônio Carlos Magalhães (Lucaia), em frente a EMBASA, no bairro Rio Vermelho.
RCN-MAN-100	Rio Mangabeira	Situado no bairro da Paz, sob ponte no rio Mangabeira (afluente do rio Jaguaribe) que liga a Rua Beira Mar com a Rua Raphael Pastore Neto, bairro de Itapuã.
RCN-PAR-700	Rio Paraguari	Em Periperi pegar a Rua das Pedrinhas (Estrada Velha de Periperi), virar na rua 3ª Travessa da Rodagem.
RCN-PAR-950	Rio Paraguari	Situado sob uma ponte sobre o rio Paraguari em uma rua paralela à Avenida Afrânio Peixoto (Suburbana) no bairro de Periperi (influência marinha).
RCN-PIT-200	Rio Pituaçu	Ponte de ferro sob o rio de Pituaçu, na Avenida Gal Costa, esquina com Rua Getúlio Vargas. Divisa três bairros: São Marcos, Sussuarana e Pau da Lima.
RCN-SEI-300	Rio dos Seixos	Ponto localizado no rio dos Seixos em frente ao Pavilhão de aula da UFBA, no bairro Barra-Vale do Canela.
RCN-TRI-600	Rio das Tripas	Ponto localizado na Rua Cônego Pereira, próximo ao Comércio de Alimentos Saudáveis - Hort Fruit Feirão, Baixa de Quintas.

Fonte: Adaptado de INEMA, 2015.

**APÊNDICE B – IQAs dos pontos de amostragem, sendo 1) RCN-ABT-100 e RCN-JGB-600; 2) Demais pontos**

Quadro A – IQAs dos pontos RCN-ABT-100 e RCN-JGB-600

Ponto	Campanhas de Amostragem														
	2008.3	2008.4	2009.1	2009.2	2009.3	2009.4	2010.1	2010.2	2011.1	2011.2	2012.1	2012.2	2013.1	2013.2	2013.3
RCN-ABT-100	58	66	52	51	51	63	55	64	70	44	54	64	59	70	60
	2014.1	2014.2	2014.3	2015.1	2015.2	2016.1	2016.2	2016.3	-						
	63	67	60	59	76	58	54	75							
RCN-JGB-600	2008.3	2008.4	2009.1	2009.2	2009.3	2009.4	2010.1	2010.2	2011.1	2011.2	2012.1	2012.2	2013.1	2013.2	2013.3
	39	49	46	47	42	47	46	31	37	59	41	28	22	41	29
	2014.1	2014.2	2014.3	2015.1	2015.2	2016.1	2016.2	2016.3	-						
38	43	36	35	49	32	39	29								

Fonte: Adaptado de INEMA, 2008 a 2016.

Quadro B – IQAs dos 26 outros pontos considerados

Ponto	2011.1	2011.2	2012.1	2012.2	2013.1	2013.2	2013.3	2014.1	2014.2	2014.3	2015.1	2015.2	2016.1	2016.2	2016.3
RCN-BIP-001	-	-	80	65	83	83	84	79	79	76	73	82	74	78	64
RCN-BIP-002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70	81	75	79	68	84
RCN-CBP-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39	23	30	20	25	27
RCN-CMJ-500	51	19	19	14	23	19	17	18	19	21	25	21	20	21	20
RCN-CMJ-800	17	19	18	16	15	24	20	19	20	20	-	-	-	-	-
RCN-CMJ-850	-	-	-	-	14	29	23	24	36	20	19	29	36	22	18
RCN-COB-950	73	70	36	26	25	38	40	36	24	33	33	20	29	36	31
RCN-IFD-002	79	82	81	80	79	70	80	81	79	80	67	76	81	77	79
RCN-IMR-002	37	-	14	28	50	51	-	35	16	14	38	-	-	31	16
RCN-JGB-100	19	32	18	15	18	21	21	21	23	18	24	20	16	21	27
RCN-LCO-001	19	40	80	69	68	61	84	68	-	70	71	80	77	70	83
RCN-LDR-001	39	27	22	43	31	43	35	52	-	60	36	34	38	67	69
RCN-LFD-001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45	71	63	47	69	62

**FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC**  
**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SOLUÇÕES E TECNOLOGIA AMBIENTAIS**

Ponto	2011.1	2011.2	2012.1	2012.2	2013.1	2013.2	2013.3	2014.1	2014.2	2014.3	2015.1	2015.2	2016.1	2016.2	2016.3
RCN-LFL-001	84	84	62	77	81	72	77	76	62	75	45	84	76	80	74
RCN-LPI-001	79	79	69	69	75	70	71	74	71	77	79	67	57	66	69
RCN-LPX-001	33	44	75	67	63	48	70	66	60	61	55	73	62	69	81
RCN-LPX-002	71	77	62	79	57	57	73	66	71	64	65	75	65	73	73
RCN-LTO-001	61	67	51	60	57	56	64	59	58	66	66	61	58	55	61
RCN-LUC-100	43	20	-	-	-	-	-	33	46	36	39	24	31	40	37
RCN-LUC-400	43	39	29	-	19	-	36		26	42	35	37	25	39	50
RCN-MAN-100	22	25	16	17	20	21	19	24	20	34	29	44	20	28	42
RCN-PAR-700	26	31	46	26	26	36	33	58	51	63	32	51	50	38	-
RCN-PAR-950	41	42	37	36	25	33	27	37	28	39	43	20	32	38	33
RCN-PIT-200	21	62	23	16	25	33	21	18	20	21	23	25	19	23	20
RCN-SEI-300	23	52	51	43	34	57	54	51	48	45	18	53	48	53	55
RCN-TRI-600	-	-	-	21	16	35	21	22	20	17	24	28	13	-	-

Fonte: Adaptado de INEMA, 2011 a 2016.

## APÊNDICE C – Resultados obtidos com a ferramenta GSI Mann-Kendall Toolkit

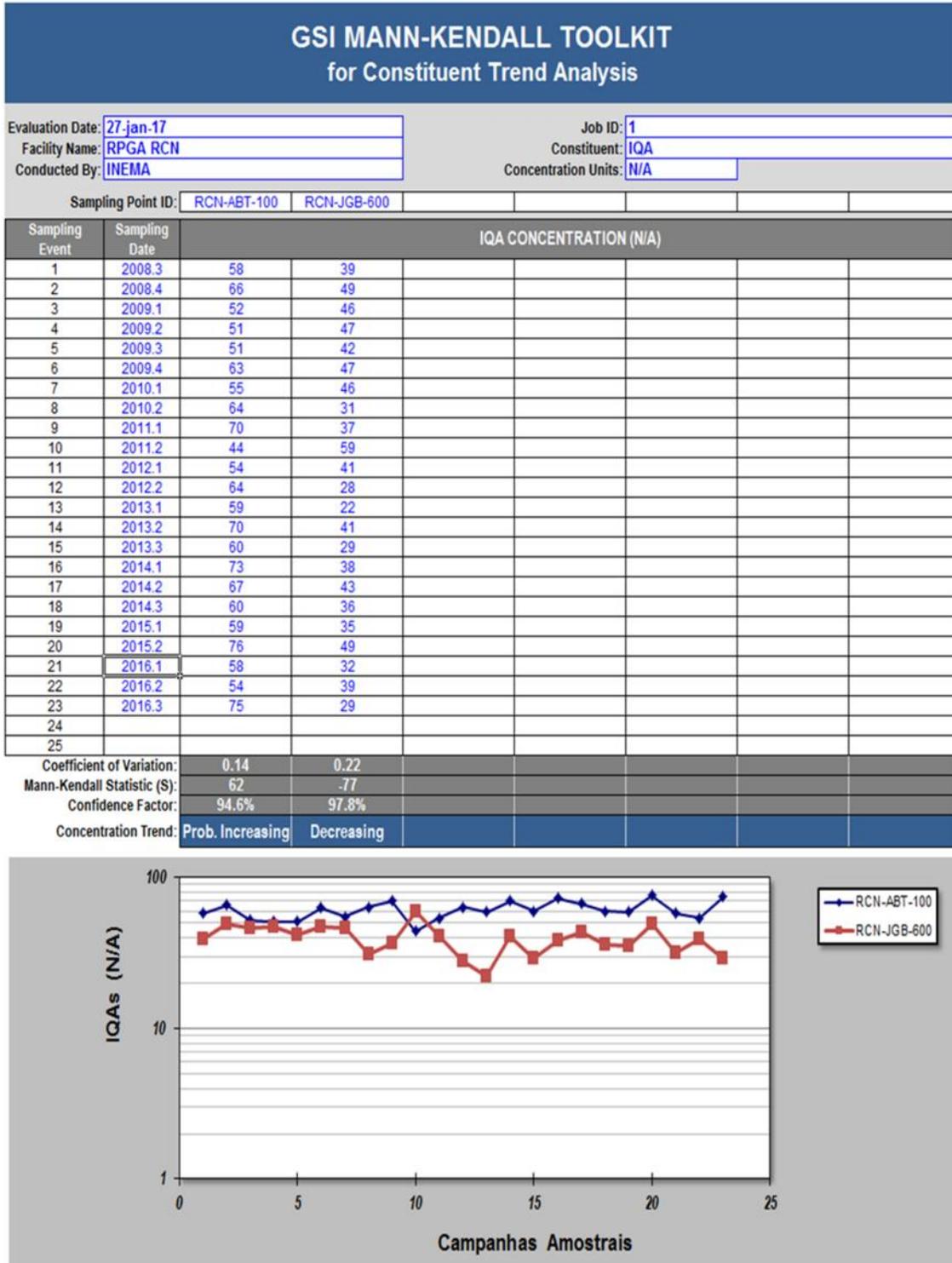


Figura C.1. Resultado dos pontos RCN-ABT-100 e RCN-JGB-600. Adaptado de GSI Mann-Kendall Toolkit, 2017.

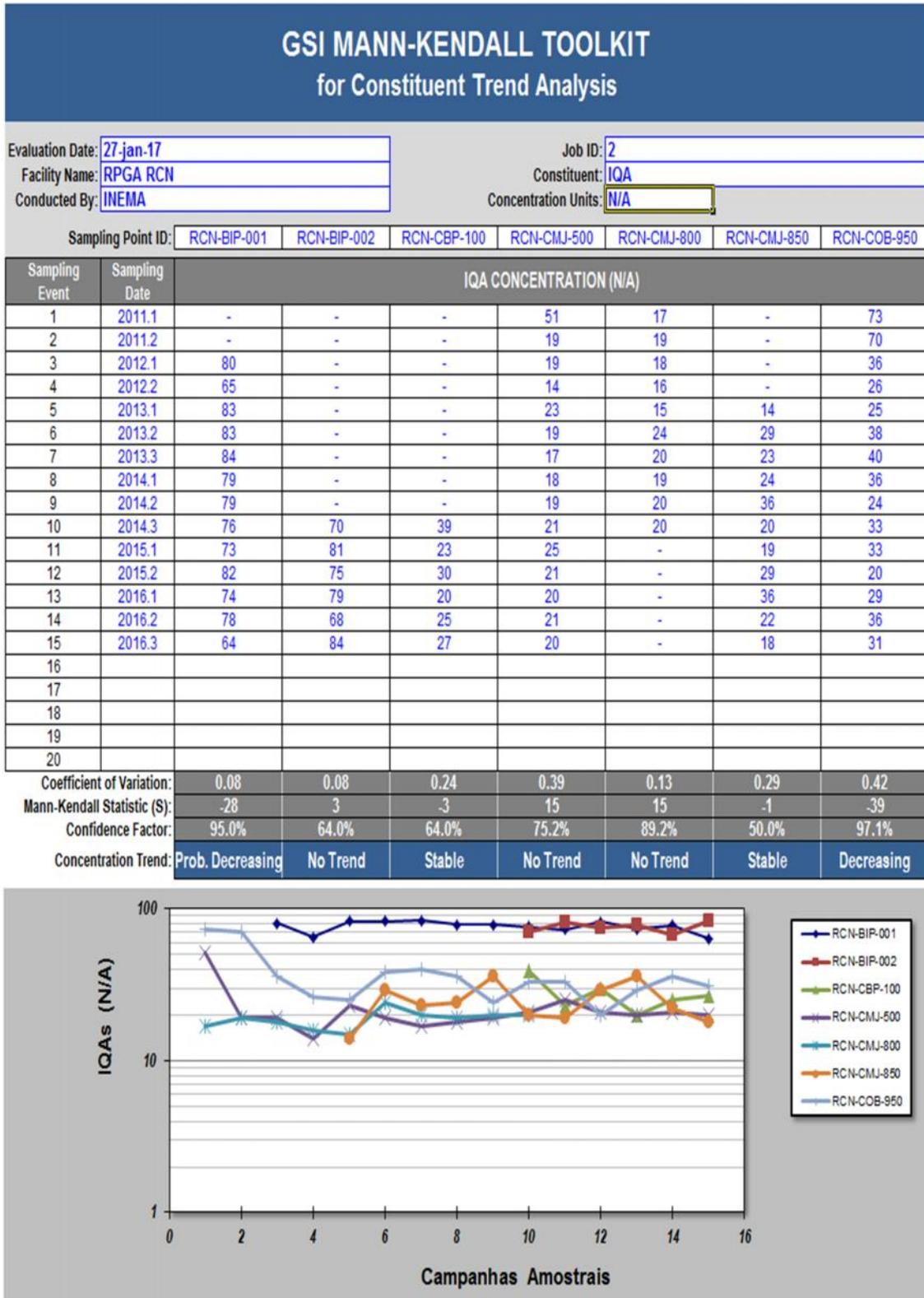


Figura C.2. Resultado dos pontos RCN-BIP-001, RCN-BIP-002, RCN-CBP-100, RCN-CMJ-500, RCN-CMJ-800, RCN-CMJ-850 e RCN-COB-950. Adaptado de GSI Mann-Kendall Toolkit, 2017.

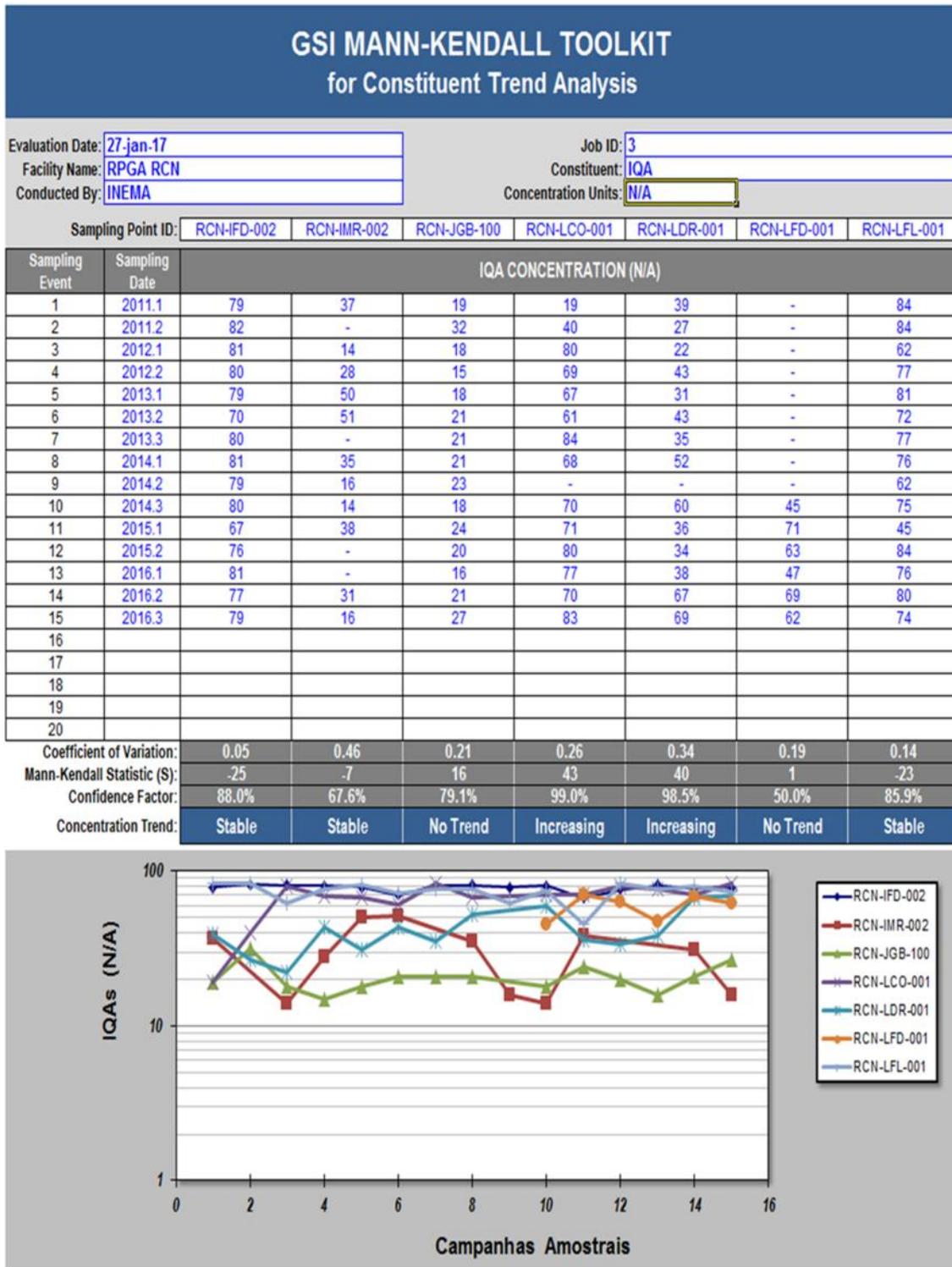


Figura C.3. Resultado dos pontos RCN-IFD-002, RCN-IMR-002, RCN-JGB-100, RCN-LCO-001, RCN-LDR-001, RCN-LFD-001 e RCN-LFL-001. Adaptado de GSI Mann-Kendall Toolkit, 2017.

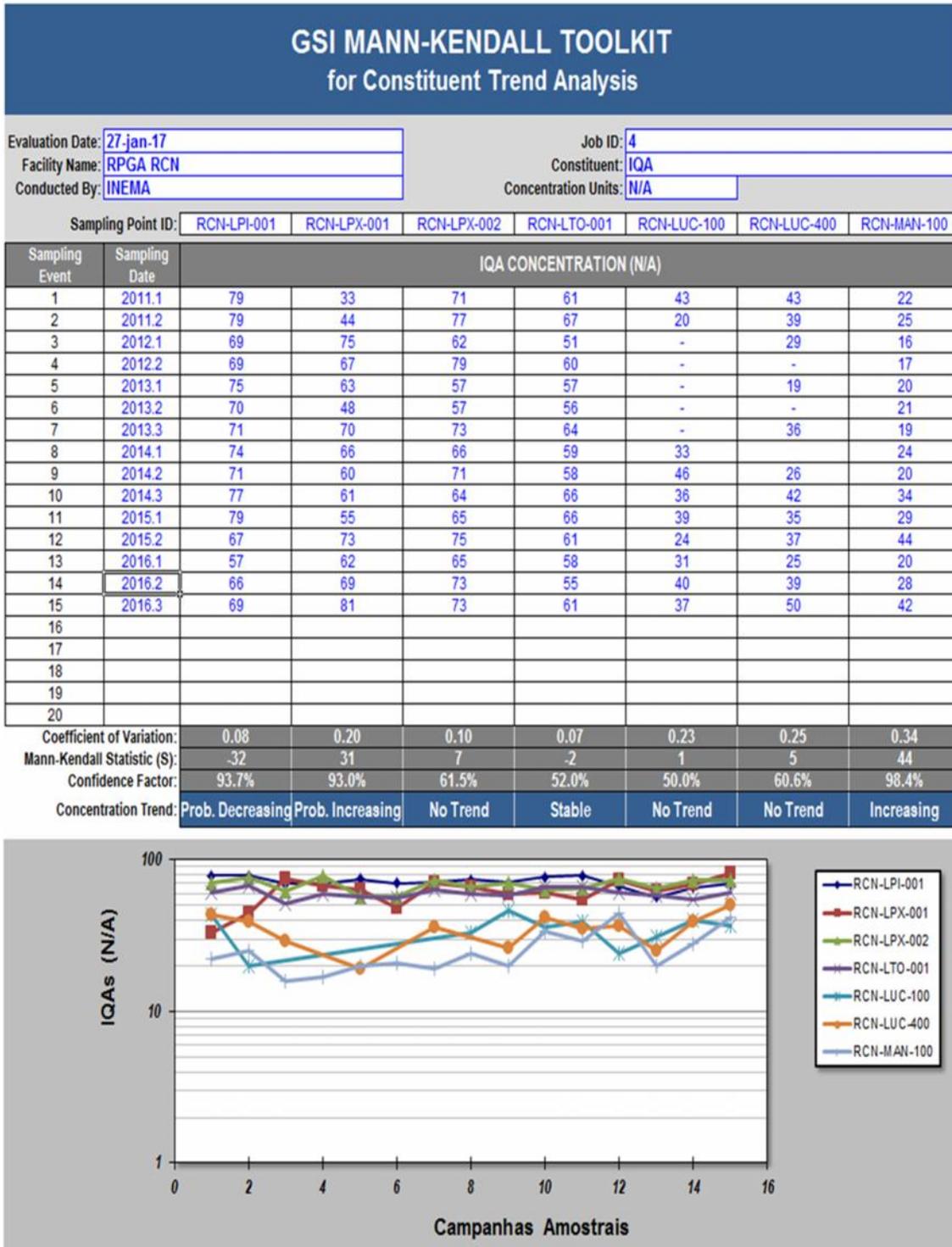


Figura C.4. Resultado dos pontos RCN-LPI-001, RCN-LPX-001, RCN-LPX-002, RCN-LTO-001, RCN-LUC-001, RCN-LUC-400 e RCN-MAN-100. Adaptado de GSI Mann-Kendall Toolkit, 2017.

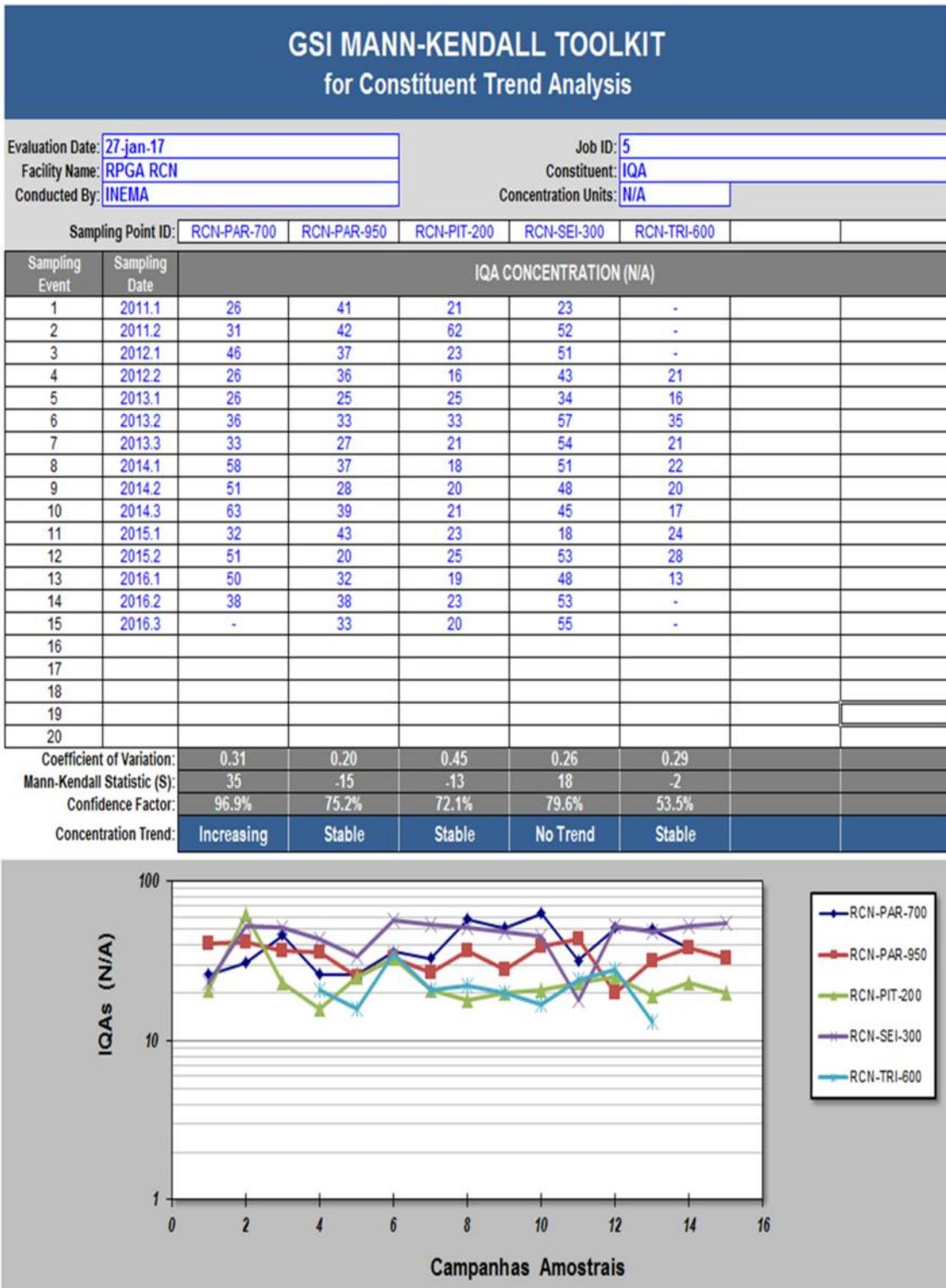


Figura C.5. Resultado dos pontos RCN-PAR-700, RCN-PAR-950, RCN-PIT-200, RCN-SEI-300, e RCN-TRI-600. Adaptado de GSI Mann-Kendall Toolkit, 2017.