

UMA NOVA VISÃO DA GESTÃO DA QUALIDADE BALNEAR E A PREOCUPAÇÃO COM EVENTOS DE POLUIÇÃO DE CURTA DURAÇÃO

Eloisa Helena Cherbakian ⁽¹⁾

Graduada em Engenharia Química pela Faculdade de Engenharia Industrial (FEI), MBA em Administração pelo Instituto Mauá, Especialista em Engenharia de Petróleo pela Universidade Santa Cecília (UNISANTA) e Mestre em Engenharia Sanitária pela Escola Politécnica da USP. Em sua trajetória profissional destaca-se a atuação como Gerente de Controle Sanitário, Gerente de Operação nas Estações de Tratamento de Esgotos Suzano e ABC, Coordenadora de Riscos Ambientais e Engenheira na área de Pesquisa e Inovação da SABESP - Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

Francisco Corrêa Ramos Junior ⁽²⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Engenheiro da Superintendência de Pesquisa, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação da SABESP - Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

Endereço ⁽¹⁾: Rua Nicolau Gagliardi, 313 – Pinheiros – São Paulo / SP – CEP: 11.111-111 – Brasil – Tel: +55 (11) 3388-8080 – email: ehcherbakian@sabesp.com.br.

RESUMO

O presente estudo buscou trazer, através de levantamento bibliográfico, informações sobre a nova visão de gestão da balneabilidade praticada em países desenvolvidos, a preocupação com impactos na qualidade balnear provocados por eventos de poluição de curta duração, além de algumas informações sobre melhores práticas de gestão, como afastamento de descargas de sistema de drenagem das praias, retenção e filtração de águas de chuva no entorno das habitações por meio de jardins filtrantes/ ruas verdes, uso de modelos preditivos de previsão da qualidade balnear, entre outras ações. Destaca a carga difusa e, trazendo para nossa realidade, o trabalho traz justificativas para que se inicie uma estimativa da carga trazida pelos canais de drenagem à Baía de Santos para futura avaliação desse impacto à qualidade balnear.

Também são apresentados resultados do primeiro monitoramento realizado em tempo seco em amostras de água de um dos sete canais de drenagem do município de Santos que fluem para as praias (canal 4). Na próxima etapa, buscar-se-á completar o estudo com a estimativa da carga difusa afluente à praia na região do canal 4 (piloto) e avaliação da sua contribuição na degradação da qualidade balnear em eventos chuvosos, quando os resultados serão comparados com valores modelados.

PALAVRAS-CHAVE: balneabilidade, carga difusa, Baía de Santos.

OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo, trazer informações sobre a nova visão de Gestão da Balneabilidade praticada em alguns países desenvolvidos, a preocupação com os impactos causados pelos eventos de poluição de curta duração na qualidade balnear e a adoção de boas práticas visando minimizar riscos à saúde dos banhistas, promovendo uma gestão ativa das condições balneares.

Ainda, trazendo para nossa realidade, iniciar a caracterização das condições de base das águas do sistema de drenagem no município de Santos (caracterização em tempo seco), para fins de comparação com dados de referências bibliográficas em condições e características similares de uso do solo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Fazer um levantamento bibliográfico das tendências e visão atual dos modelos de gestão da balneabilidade praticados em alguns países desenvolvidos, trazendo informações como benefícios e dificuldades encontradas,

a preocupação com os eventos chuvosos e a carga difusa, as ações adotadas para evitar riscos aos banhistas, entre outras ações.

O estudo apresenta também, os primeiros passos para avaliação da carga difusa afluyente às praias de Santos/SP, iniciando pela caracterização das condições de base (condições normais de operação sem a incidência de precipitação pluviométrica) em termos de vazão e qualidade da água de drenagem do canal 4 de Santos (usado como piloto no presente estudo), para fins de comparação com dados de referências bibliográficas em condições e características similares de uso do solo.

Posteriormente, intenciona-se completar o estudo com um outro trabalho, quando será feita uma estimativa da carga difusa afluyente à praia na região do canal 4 em Santos e, conseqüentemente, serão avaliados sua contribuição à degradação da qualidade balnear em eventos chuvosos e o tempo necessário para a recuperação dessa qualidade comparando-se os resultados obtidos com valores modelados.

Desta forma, além do levantamento bibliográfico serão efetuados:

- Medição da vazão do canal 4 na admissão para o emissário submarino (considerada vazão de base do canal – tempo seco);
- Coleta de amostras próximas à comporta que dá acesso à praia;
- Análises da qualidade da água para os parâmetros: DQO, DBO, sólidos suspensos, Cloretos, pH, Temperatura, *Coliformes totais*, *E. coli* e *Enterococcus*, em tempo seco.
- Cálculo da carga microbiológica no canal 4 em tempo seco, para posterior comparação com a carga em tempo chuvoso (a ser realizada numa próxima etapa do trabalho, quando será possível estimar-se a carga difusa carregada pelas chuvas e avaliar-se os impactos à qualidade balnear).

INTRODUÇÃO

Os objetivos de um programa de monitoramento em áreas balneares, são principalmente a proteção da saúde dos banhistas com um sistema efetivo de comunicação de riscos. Entretanto, sabe-se que a qualidade da água pode mudar rapidamente em praias em resposta a diferentes condições meteorológicas e outros fatores. Isso pode resultar em avisos de praia emitidos tarde demais para proteger a saúde do banhista, ou desnecessariamente emitido no dia seguinte, depois de a qualidade da água ter melhorado.

Nos países mais desenvolvidos, o novo modelo de gestão da qualidade balnear vem reforçando a necessidade do que se nomeia "gestão ativa" da qualidade da água em vez de simples monitoramento, como discorre a nova Diretiva Européia "EU Water Framework Directive 2000/60/EC (WFD)".

Tanto na Califórnia quanto na Austrália e em países da Europa, como Portugal e Espanha, a contaminação de curto prazo, como as causadas por vazamentos/ transbordos de esgotos, tem despertado a atenção e sido alvo de ações emergenciais. Sistemas têm sido desenvolvidos para fornecer suporte técnico necessário para implementar as diferentes estratégias de gestão. Em Barcelona, por exemplo, a ferramenta para decisão usa modelagem integrada de sistemas de esgoto e águas costeiras, alimentada com dados de sensores em tempo real verificando a previsão do tempo, a fim de fornecer estimativas da qualidade das águas balneares com até 48 horas de antecedência (GUTIÉRREZ et al, 2010).

Também é crescente no mundo a preocupação com as altas contagens de bactérias em praias e regiões balneares em áreas urbanas após eventos de chuva. Embora em alguns países, especialmente na Europa e América do Norte, já exista vasto material de investigação sobre a poluição gerada pelas fortes chuvas em meio urbano, no Brasil este levantamento encontra-se em estágio inicial. Existem relatos nos Estados Unidos de meados da década de 60. O relatório "Inventário Nacional de Qualidade da Água" entregue em 1995 ao Congresso Americano, afirmava que 30% dos casos identificados de impactos na qualidade da água eram atribuídos às descargas de enxurradas ou de fontes distribuídas (EPA 1995 *apud* PRODANOFF, 2005).

Algumas cidades norte-americanas e em países desenvolvidos que obtiveram êxito na coleta e tratamento das águas residuárias, segundo levantamentos citados por Prodanoff, J.H.A. (2005), têm mostrado que as fontes de poluição difusa passaram a ser as maiores causadoras de degradação da qualidade das águas superficiais. Já há até incentivos para a adoção de projetos de "ruas verdes" na Califórnia, estimulando a retenção de águas pluviais localmente, evitando-se problemas com enchentes e carreamento de poluentes aos corpos d'água (HEAL THE BAY'S, 2014).

O caso em estudo

O município de Santos está localizado no litoral paulista, sendo que sua região insular tem a topografia predominantemente plana. Originalmente seu território possuía regiões que eram áreas alagadas e devido à falta de saneamento da época e à presença do porto, eram áreas com grandes problemas de saúde pública. Buscando resolver os problemas de alagamento e de saúde pública, foram construídos grandes canais de drenagem que cruzam a ilha do estuário às praias. Os canais artificiais, cujo projeto foi concebido pelo engenheiro Saturnino de Brito, foram projetados para drenar as águas pluviais em direção a baía, além de permitir através do movimento de subida e descida da maré, sua lavagem, afastando o esgoto lançado.

Atualmente são 7 canais principais sendo que os canais 1 a 6 possuem comporta que impede o escoamento da água em direção à baía. Quando não chove, as comportas permanecem fechadas e a água drenada pelos canais segue por um ponto chamado “admissão” para o interceptor oceânico, operado pela Sabesp. Quando ocorrem chuvas fortes e o canal atinge determinado nível, a admissão é fechada e as comportas são abertas permitindo o lançamento da água drenada para a baía. Devido a diferentes fontes, a água do canal possui a presença de contaminantes biológicos que lançados nas praias prejudicam sua balneabilidade.

A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp vem implantando no Estado, desde 2007, um programa de despoluição de praias chamado “Onda Limpa”. O programa trouxe expansão de redes coletoras e tratamento de esgotos nos municípios da Baixada Santista. Embora tenham gerado melhorias significativas, tais medidas não têm se mostrado suficientes para garantir boas condições da balneabilidade em tempo chuvoso, especialmente nos municípios de Santos e São Vicente, cujas praias localizam-se em baía fechada e em região fortemente urbanizada.

Desde 2010, os canais de drenagem de Santos e, em especial o canal 4, tem sido alvo de monitoramentos e inspeções pelas equipes de operação e laboratório da Sabesp/ Unidade de Negócio Baixada Santista - RS. A preocupação se justifica, pois, conforme HARARI *et al* (2012), face aos elevados valores de contaminação microbiana historicamente registrados nas águas dos canais, em períodos de chuvas fortes (superiores a 15 mm, segundo informações da Prefeitura Municipal) quando as comportas são abertas, as águas são drenadas para as praias com prejuízos à qualidade balnear local. Em modelagem, Harari demonstra que as maiores plumas provenientes dos canais de drenagem foram observadas nos meses de maior precipitação, indicando uma relação direta entre a qualidade balnear das praias santistas e os índices pluviométricos. Essa relação também foi observada por Sartor e Degaspari (2000), segundo informações de HARARI *et al.* (2012).

Em tempo seco, quando as comportas dos canais ficam fechadas, as águas drenam pelo ponto de admissão para o interceptor oceânico e deste, para a Estação de Pré Condicionamento (EPC) e emissário submarino, preservando a qualidade balnear.

Desta forma, objetivando identificar as interferências com vistas à melhoria das condições balneares inicialmente no município de Santos, a Sabesp une esforços juntamente com outros órgãos como Prefeituras, Órgão Ambiental, Instituições Públicas e Universidades, para contribuir com a melhoria da balneabilidade.

Neste primeiro momento, apresentaremos a metodologia simplificada utilizada para se “estimar” a contribuição da “carga difusa” à degradação balnear das praias de Santos, iniciando o estudo pelo Canal 4 na Avenida Bartolomeu de Gusmão, em Santos, começando pelo levantamento das condições de base, ou seja, características de vazão e qualidade da água em tempo seco no referido canal de drenagem.

A intenção do estudo é que, posteriormente, esses dados contribuam na construção de um novo modelo de gestão da qualidade balnear para o município e, porque não, para o litoral paulista. Como possíveis benefícios, nos locais onde os modelos venham a proporcionar uma adequada avaliação da qualidade da água, haverá a possibilidade dos usuários virem a ser notificados do estado da qualidade da água da praia mais rapidamente do que quando são utilizadas técnicas tradicionais para medir os teores de bactérias fecais. Na Califórnia, os modelos foram desenvolvidos para ajudar a avaliar as tendências de poluição e identificar as variáveis ambientais de maiores influências sobre a concentração de bactérias.

Cabe destacar que o presente estudo não tem a pretensão de esgotar o assunto da contribuição da carga difusa à balneabilidade, nem de caracterizá-la no município de Santos, mas sim de fornecer apenas uma ordem de grandeza das “características de base” de um dos canais de drenagem do município, apresentando os dados já levantados até o presente momento no canal 4, do monitoramento realizado em tempo seco.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Situação da Gestão Balnear

Como dito anteriormente, é crescente no mundo a preocupação com as altas contagens de bactérias em praias e regiões balneares em áreas urbanas após eventos de chuva.

Na região da Califórnia/ EUA, através de projetos de recuperação organizados pelo *Clean Water Act*, e por grupos como *Heal the Bay*, a qualidade da água em muitas praias tem melhorado significativamente, entretanto, durante os invernos chuvosos da região, grande parte das praias ainda sofrem com problemas relacionados à poluição, forçando o fechamento da maioria das praias mais famosas de sua costa (HEAL THE BAY'S, 2014).

Como ilustração, é apresentada na Figura 1, a classificação das condições balneares das praias da Califórnia no período de abril de 2013 a março de 2014, comparando o período com a média dos últimos cinco anos. As médias foram compiladas para praias, conforme a seguinte classificação: praias em mar aberto, praias que recebem águas de drenagem e praias em baías fechadas. Praias com notas A e B apresentam boas condições balneares e C, D e F, má qualidade das águas.

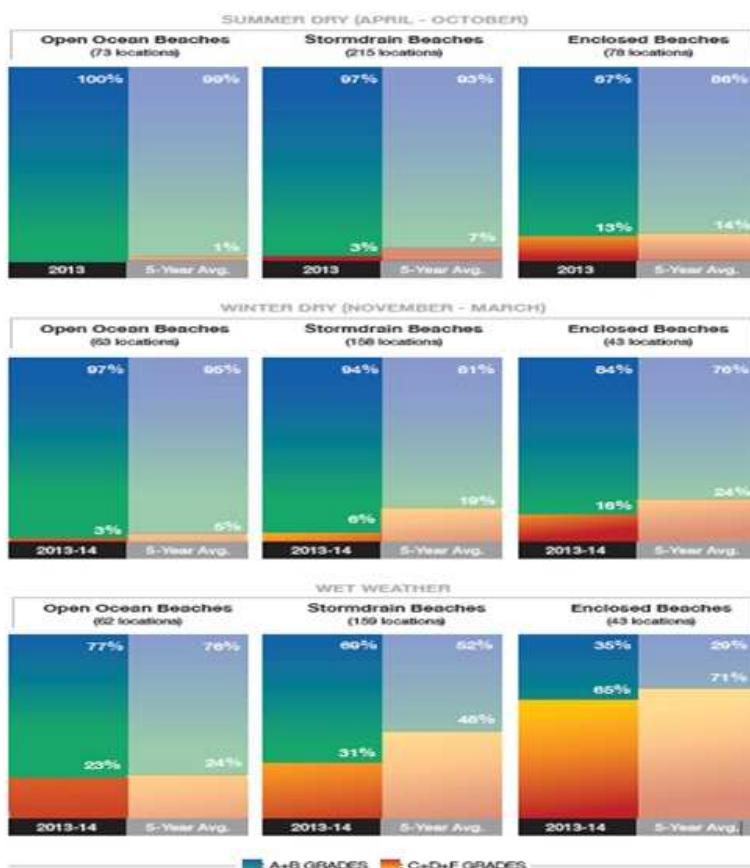


Figura 1: Classificação das condições balneares nas praias da Califórnia e comparação com a média dos últimos 5 anos. Fonte: HEAL THE BAY'S - Annual Beach Report Card (2013-2014).

Na sequência, a Figura 2 destaca apenas para verão seco e inverno chuvoso, a classificação das praias em mar aberto, praias que recebem descargas de sistemas de drenagem e praias em baías fechadas.

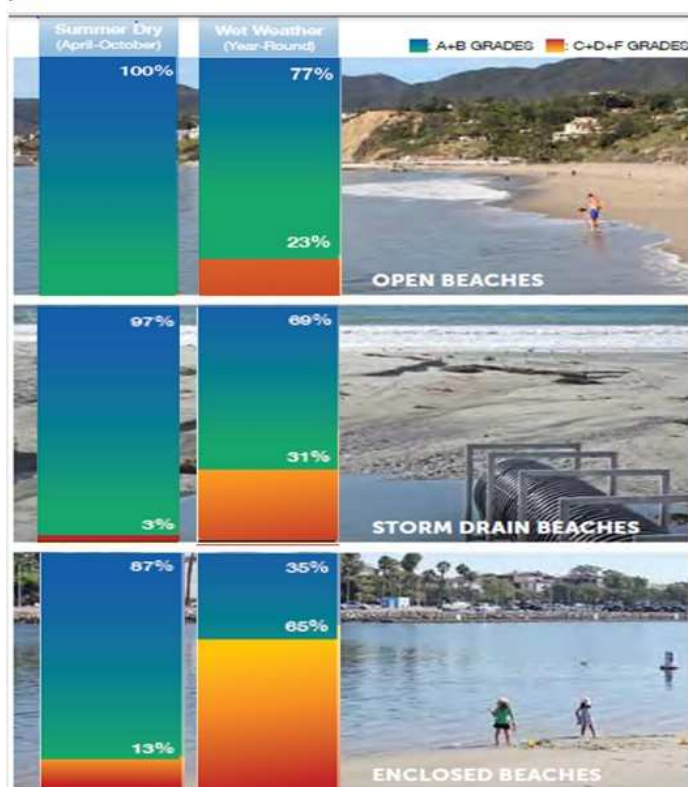


Figura 2: Classificação das condições balneares nas praias da Califórnia no verão seco e inverno chuvoso. Fonte: Adaptado de HEAL THE BAY'S - Annual Beach Report Card (2013-2014).

Fica bastante evidenciada a forte influência das cargas difusas na degradação da qualidade balnear no tempo chuvoso (que no caso da Califórnia é o inverno) em grande parte das praias, lembrando que a maior parte dos municípios californianos utiliza sistema de esgotamento separador absoluto.

Exemplos de ações desencadeadas com a “gestão ativa” da balneabilidade

Com base nessa nova visão de “gestão ativa” e não apenas “monitoramento”, locais como o Estado da Califórnia, têm utilizado os dados para planejar e adotar ações corretivas e preventivas à contaminação das águas balneares, minimizando os riscos à saúde dos banhistas. Segundo informações contidas no *Beach Report Card/ 2013-2014*, do *Heal the Bay's*, em 2000 o governo do Estado da Califórnia alocou U\$ 34 milhões do orçamento do Estado no sentido de proteger e restaurar a saúde das praias. Este financiamento tornou-se conhecido como a Iniciativa Praia Limpa (CBI). Informa ainda que até o período de março de 2014, mais de U\$ 100 milhões tinham sido gastos em projetos para limpar as praias mais poluídas da Califórnia e para financiar a investigação rápida de indicadores de patógenos, como o método quantitativo de reação em cadeia da polimerase (qPCR) que identifica e quantifica em até 4 horas, por meio de replicação do DNA, a presença de *coliformes* e *Enterococcus*. Também foram envidados esforços para identificação da origem do patógeno (HEAL THE BAY'S, 2014). Desde a implementação deste financiamento, dezenas de projetos foram concluídos ou estavam em vias de conclusão. Muitos projetos CBI concluídos já fizeram uma grande diferença para a melhoria qualidade da água em praias cronicamente poluídas (HEAL THE BAY'S, 2014).

Alguns projetos na Califórnia

a. Identificação e mitigação de fontes de bactérias:

Atuais métodos de teste de qualidade da água balnear da Califórnia não conseguem diferenciar entre as fontes de bactérias fecais de origem animal (pássaros, cães, gatos, etc), ou humana, tornando mais difícil para os gestores de praia, mitigar a poluição da água identificando fontes e emitindo alertas adequados de risco à saúde. Em 2010, com um recurso voltado para orientar os gestores de praia na identificação e mitigação de fontes de

bactérias em praias problemáticas, o Conselho de Estado aprovou financiamento de aproximadamente US\$ 4 milhões para um protocolo de identificação de fontes (HEAL THE BAY'S, 2014).

Pesquisadores do projeto vieram de Universidades de Stanford, UC Santa Barbara, UC Los Angeles, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), Escritório de Pesquisa e Desenvolvimento e do Projeto de Pesquisa das Águas Costeiras *Southern California* (SCCWRP). O objetivo final do projeto, segundo o *Beach Report Card*, foi desenvolver um manual estadual do protocolo de identificação de fonte para ajudar gestores de praia na identificação de fontes de FIB (Bactérias Indicadoras Fecais) em praias cronicamente poluídas através de um roteiro passo-a-passo.

O protocolo começa com a identificação de fontes potenciais mais óbvias (por exemplo, grande população de aves devido a latas de lixo descobertas), conduzindo o usuário através de técnicas de rastreamento de fontes mais complexas, incluindo a investigação de possíveis vazamentos de esgotos (Figuras 3 e 4), fossa séptica, utilizando marcadores genéticos. Como já citado, sistemas combinados de esgotos e águas pluviais não são comuns na Califórnia, limitando-se basicamente a São Francisco e partes de Sacramento. Este novo manual de identificação de fonte, segundo o relatório do *Heal the Bay's*, visa não só fornecer consistência para todos os futuros estudos de identificação de origem, mas também, permitir à Agência do Estado e outras agências a tomada de decisões com base em informações mais consistentes quando se tratar de financiamento de projetos de melhoria da qualidade da água. O manual completo pode ser encontrado em: www.swrcb.ca.gov/water_issues/programs/praias/cbi_projects/docs/sipp_manual.pdf.

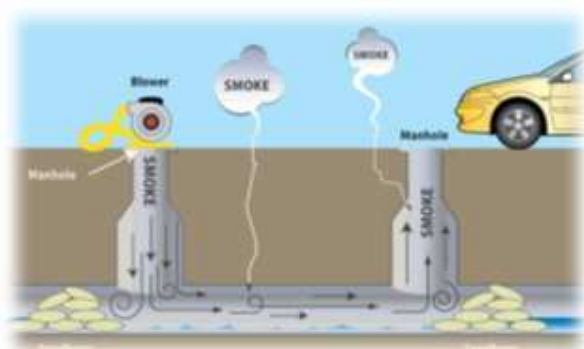


Figura 3: Exemplo de teste de fumaça em coletores principais. Fonte: GRIFFITH et al. (2013).



Figura 4: Fumaça subindo de um defeito em uma linha lateral. Fonte: GRIFFITH et al. (2013).

Em abril de 2013, a Agência Ambiental Americana – EPA, divulgou novas ferramentas de pesquisa sanitárias “*Marine Beach*”, para que os gestores de praia tivessem uma abordagem tecnicamente sólida e consistente para investigar e identificar a contaminação fecal em praias cronicamente poluídas (BEACH REPORT CARD, 2013-2014). Infelizmente, as pesquisas sanitárias são muito caras e os financiamentos nem sempre estão prontamente disponíveis para se realizar uma investigação sanitária. Atualmente, a Califórnia não tem exigido protocolos de pesquisa sanitária (HEAL THE BAY'S, 2014). No entanto, com novas ferramentas disponíveis da EPA para pesquisa sanitária, *Heal the Bay* vai incentivar o Conselho de Estado a exigir pesquisas sanitárias, no mínimo em praias cronicamente poluídas. Isto deve incluir uma análise aprofundada do histórico de dados de qualidade da água antes do financiamento dessas pesquisas. Cabe destacar que a prática de Inspeção Sanitária também é feita em outros países, como Austrália, por exemplo (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2008).

b. Modelagem preditiva da qualidade da Praia.

Modelos de previsão podem fornecer notificação pública inicial de falta de qualidade da água muito mais rápido do que os métodos atuais, que podem levar 18-24h para que os resultados sejam processados. O sistema vigente pode levar a avisos de praia e fechamentos emitidos tardiamente demais para proteger a saúde pública, devido à defasagem de um dia entre a coleta de amostras e a obtenção de resultados. Mesmo a utilização de métodos de detecção mais rápidos, tem um atraso de tempo de 4-6 horas. Banhistas podem ser notificados antes, sobre as condições atuais da água.

Em janeiro de 2012, o *Heal the Bay* e a Universidade de Stanford foram premiados pelos fundos CBI para um estudo de modelagem da previsão da qualidade da água da praia. Um projeto *Heal the Bay* foi antecipado por mais de quatro anos. A implementação de modelos preditivos de sucesso por parte dos gestores de praia, permitiria informações sobre a qualidade da água quase em tempo real, como um instrumento de proteção da saúde pública para os banhistas na Califórnia.

c. Investigando a Eficácia de Melhores Práticas de Gestão (BMPs), em Los Angeles.

O escritório de Saneamento da cidade de Los Angeles foi recentemente aprovado pelo Conselho Regional Los Angeles para receber financiamento para um projeto ambiental suplementar de um ano (SEP), em vez de pagar uma parcela de multas associadas a vazamentos de esgoto. *Heal the Bay* está conduzindo este estudo para a cidade, como um subcontratado. O SEP vai analisar a qualidade da água das praias em 15 locais de monitoramento em Los Angeles, para determinar quais das BMPs têm sido mais eficazes (com base em análises estatísticas) para reduzir os níveis de bactérias nas águas das praias. Os resultados do estudo podem influenciar a futura implementação de BMP, mais eficientes e eficazes. Segundo o *Report* de 2013-2014, resultados finais do estudo devem ser lançados em 2015, e poderão definir o cenário para uma análise de eficácia das BMP em todo o Estado (HEAL THE BAY'S, 2014).

No caso de praias em baías fechadas cronicamente poluídas, como é o caso de *Cabrillo Beach*, dados os problemas que impactavam na qualidade da água, foram adotadas medidas mais drásticas como troca de areia, instalação de bombas de recirculação de água, remoção de plantas aquáticas, lançamento de águas do sistema de drenagem em mar aberto via emissário, entre outras medidas (LARGIER & TAGGART, 2006). Segundo dados do relatório "Beach Report Card, 2013 – 2014", a qualidade da água melhorou em 2014, desde sua implantação, porém, não se sabe ao certo se devido às ações implantadas ou se devido à baixa pluviosidade no período de outubro de 2013 a março de 2014 (HEAL THE BAY'S, 2014).

d. Jardins de Chuva.

Vários jardins de chuva, o primeiro dos quais instalado em 2012, foram projetados e construídos em áreas selecionadas em toda a comunidade. Um jardim de chuva é uma área com paisagismo concebido para se infiltrar escoamento ou tratá-lo antes de ser descarregado para o sistema de drenagem, evitando assim que poluentes potenciais entrem no sistema de drenagem em situações de tempestade.

e. Reparo e/ou substituição de redes de esgotos.

Mediante avaliação e identificação de fonte, foram efetuados reparos e substituição de redes e coletores de esgotos em locais considerados críticos, já que a infra-estrutura costeira normalmente é mais antiga (geralmente o desenvolvimento das cidades se inicia em regiões costeiras) e mais sujeita à corrosão devido ao contato com água salgada (HEAL THE BAY'S, 2014).

Situação em Barcelona

Segundo Gutiérrez et al. (2010), com base na nova Diretiva Européia - EU WFD e consequente necessidade de "gestão ativa" de qualidade das águas balneares ao invés de simples "monitoramento", as autoridades responsáveis têm uma importante tarefa pela frente para desenvolver perfis das águas balneares, detectar possíveis fontes de contaminação e seu impacto na qualidade da água e tomar as medidas de correção adequadas. Há uma necessidade de compilar, analisar e interpretar todos os dados disponíveis e informar ao público. Além disso, eles têm de reagir a situações de emergência e informar ao público sobre um risco para a saúde. A WFD foi transposta para o direito espanhol, com o RD - Real Decreto 1341/2007, que não só transpõe os requisitos europeus, mas também é mais restrito, com um calendário mais apertado para implementar as diferentes medidas (GUTIÉRREZ et al, 2010).

Além de atender à nova Diretiva, em 2006 foi proposto um novo plano mais ambicioso, com a melhoria dos objetivos ambientais e de bem-estar público: reduzir o extravasamento de esgoto (tempo de chuva) de modo que o número de horas que as águas balneares fossem proibidas para banho, de acordo com a WFD (Diretiva), fosse reduzido de 5% para apenas 1,5% (GUTIÉRREZ et al, 2010). O Conselho da Cidade de Barcelona e a empresa pública-privada criada para construir um novo modelo de Gestão (CLABSA), desenvolveram um sistema de

informação para responder às exigências da nova WFD, tanto para a coordenação interna quanto para o público em geral:

1. A coordenação interna através de uma intranet dedicada e com acesso restrito, onde várias informações são fornecidas: resultados da previsão da qualidade da água balnear, informações dos sensores em tempo real, chuvas e resumos dos eventos de extravasão de esgoto, status do nível de risco, etc.
2. Informação para o público em geral através de painéis eletrônicos na praia (em 2010 havia três painéis instalados em Barcelona), com informação sintética estática e dinâmica (Figura 5).
3. Página na web para o público geral com as mesmas informações fornecidas nos painéis de praia e informações adicionais (previsão do tempo atual e próximos dias, presença de água-viva, etc.).

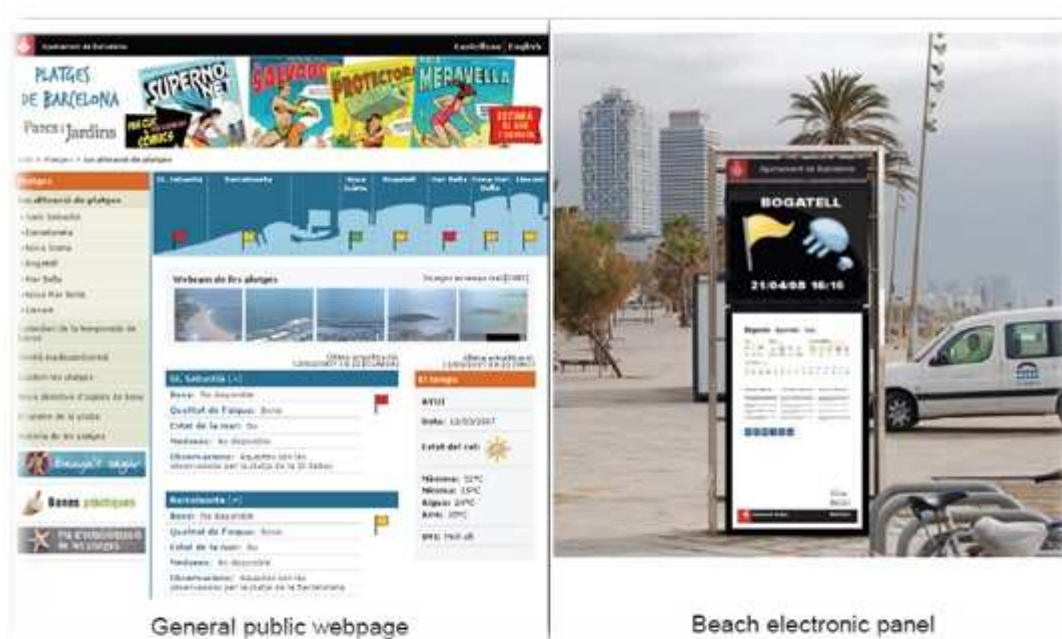


Figura 5: Painéis eletrônicos de informações das condições balneares em Barcelona.
Fonte: GUTIÉRREZ et al (2010).

Resumidamente, há um "Protocolo geral de ações para episódios de contaminação em águas costeiras e praias", da Agência de Água da Catalunha (ACA), com o objetivo de proteger a saúde dos banhistas e preservar a qualidade do ambiente marinho (GUTIÉRREZ et al, 2010). O manual cumpre os requisitos da WFD sobre as ações de gerenciamento relacionadas com eventos de contaminação de curto prazo.

A extravasão do sistema de esgoto, por exemplo, pode ser classificada em dois tipos: OSC ou transbordo de esgoto combinado (durante eventos de chuva) ou DWO ou transbordamentos de tempo seco, devido ao mau funcionamento do sistema de esgoto. O manual estabelece os procedimentos diferentes para cada caso, embora com o mesmo número e tipos semelhantes de níveis de risco.

Baía de Santos

No caso da Baía de Santos, alvo do presente estudo, diversos trabalhos e estudos foram realizados. Em especial, destaca-se o "Projeto Ecomanage". Segundo Neves et al. (2008), o Ecomanage (*Integrated Ecological Coastal Zone Management System*) foi um projeto focado no gerenciamento costeiro integrado desenvolvido em zonas costeiras em três países (Estuário de *Bahia Blanca*, Argentina; Estuário de Santos, Brasil; *Fjord Aisén*, Chile). O projeto objetivou a criação de modelos e ferramentas de gestão eficazes e práticas no auxílio à resolução de problemas ambientais costeiros. Desta forma, sua finalidade foi a de apoiar o gerenciamento ambiental destas zonas costeiras.

Diversos trabalhos, teses e dissertações foram produzidos desde o início do projeto Ecomanage. Em sua grande maioria, os estudos que utilizaram modelagens na região estuarina e da Baía de Santos, como MOHID, POM e CORMIX, trouxeram conclusões acerca da influência das águas dos canais estuarinos tanto de Santos quanto de

São Vicente na qualidade das águas da baía. Outros pesquisadores que consideraram as contribuições dos canais artificiais de Santos (sistema de drenagem) em suas modelagens, mencionaram a forte influência desses na balneabilidade das praias locais. Foi o caso de Harari *et al.* (2012), cujos estudos de modelagem indicaram que as maiores plumas provenientes dos canais de drenagem haviam sido observadas nos meses de maior precipitação, verificando uma relação direta entre a qualidade balnear das praias santistas e os índices pluviométricos. Os resultados das modelagens de Harari *et al.* (2012), demonstraram que a fonte de maior influência na balneabilidade das praias do Município de Santos não era o emissário submarino, mas sim os canais de drenagem, razão da necessidade de estudos complementares.

A Poluição Difusa

Os processos de origem difusa são geralmente aleatórios, difíceis e complexos de se modelar, razão pela qual continuam a existir muitas incertezas sobre a poluição gerada pelas fortes chuvas. A poluição por cargas difusas é um fenômeno com origem no ciclo hidrológico que se inicia com o arraste dos poluentes atmosféricos pela chuva, sendo posteriormente o escoamento superficial direto, responsável pelo transporte dos poluentes dispostos sobre a superfície da área urbana até o lançamento final no corpo receptor (EPA 1983; DRISCOLL *et al.* 1990; PORTO, 1995 *apud* PRODANOFF, 2005; TUCCI, 2001).

Além de outros fatores, a natureza transiente e imprevisível das fontes de poluentes, seus mecanismos de lançamento e as diferenças dos intervalos de tempo entre os eventos chuvosos, também contribuem para a grande variabilidade dos processos de produção e transporte de poluentes. Isto posto, a concentração de poluentes e outras características das tempestades em uma determinada localidade variam significativamente durante um simples evento hidrológico e de evento para evento (BRITES E GASTALDINI, 2005).

Primeira Carga de Lavagem ou *First-Flush*

A intensidade e a duração da tempestade podem ter um impacto marcante no tipo e quantidade de poluentes presentes no escoamento superficial (BRITES E GASTALDINI, 2005). Resultados de pesquisas conduzidas na década de 1970 concluíram que as concentrações de poluentes tendem a ser muito mais altas no início da tempestade quando comparadas com o meio ou o final (PRODANOFF, 2005).

Estes estudos concluíram que os estoques de poluentes acumulados nas superfícies pavimentadas eram rapidamente lavados durante a primeira parte da tempestade e, conforme a tempestade continuava os poluentes disponíveis para lavagem eram esgotados e as concentrações diminuía (PRODANOFF, 2005).

À distribuição temporal das concentrações de poluentes, usualmente dá-se o nome de “polutograma”. Um dos fenômenos discutidos, quando se trata de prever polutogramas é a ocorrência da chamada primeira lavagem (em inglês, “first flush”). A primeira lavagem é a remoção inicial do material acumulado no período entre chuvas, quer sobre o solo, quer no interior das canalizações, significando que o pico do polutograma ocorreria, em muitos casos, antes do pico das vazões. Segundo Prodanoff, J.H.A. (2005), o fato desta carga de lavagem às vezes ocorrer e outras não, pode estar relacionado com as perdas iniciais no escoamento superficial. Dependendo da rugosidade e do estado de conservação do pavimento, as perdas iniciais são maiores e possibilitam a retenção de uma parte dos poluentes junto com a parcela de água assim acumulada. Dependendo também do volume total escoado e da altura da lâmina formada sobre as superfícies urbanas, esta perda será mais ou menos representativa. É mais frequente observar-se o fenômeno da carga de lavagem em bacias pequenas do que em bacias maiores (PORTO, 1995 *apud* PRODANOFF, 2005).

Prodanoff afirma que muitos estudos subsequentes nas décadas de 80 e 90 confirmaram este fenômeno de “first-flush” (FF) e ampliaram a teoria para incluir a regra da “half-inch”. Esta regra afirma que 90% dos poluentes são transportados durante a passagem da primeira meia-polegada de escoamento superficial (efetivo). A Figura 6 apresenta hidrograma e polutograma obtidos em rios urbanos na cidade de São Paulo-SP. Prodanoff ressalta que existem diversas formas de se definir o fenômeno de FF. A figura supracitada foi incluída com a finalidade de confirmar a existência do fenômeno de antecipação do pico do polutograma em relação ao pico do hidrograma (PRODANOFF, 2005).

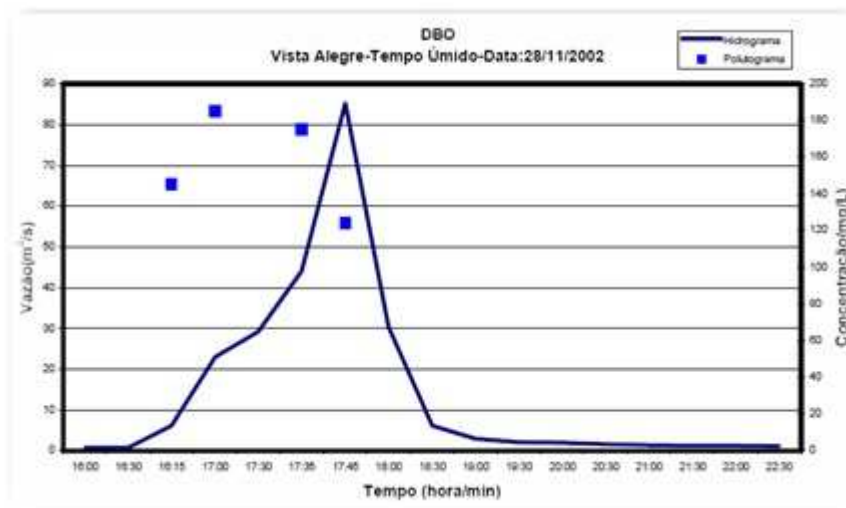


Figura 6 – Fenômeno de *First-Flush* para DBO₅ (PRODANOFF, 2005).

Caracterização dos Poluentes - Dados e Tabelas Existentes

Os fatores hidráulicos mais importantes que afetam o volume de escoamento são a quantidade de água precipitada e a extensão de superfícies impermeáveis diretamente conectadas aos córregos ou ao sistema de drenagem (TUCCI, 2001; PRODANOFF, 2005; BRITES e GASTALDINI, 2005). São ditas áreas diretamente conectadas, as ruas pavimentadas, vias, caminhos e áreas de estacionamento que drenam para sistemas do tipo meio-fio e sarjeta, e telhados que drenam diretamente para os canais de drenagem pluvial ou rede combinada de esgotos.

O uso do solo e as áreas fontes possuem efeitos importantes na Qualidade das Águas (QA). Levantamentos datados de 1969, publicados pela *American Public Works Association* (APWA), mostravam que o escoamento superficial urbano possuía uma concentração relativamente alta de bactérias, de compostos metálicos e de alguns orgânicos, embora menor que as concentrações de DBO₅, bactérias e nutrientes presentes nos esgotos brutos de águas residuais.

A Tabela 1 traz uma comparação entre concentrações médias em sistemas combinados, efluente secundário e drenagem de chuva.

Tabela 1: Comparações nos Estados Unidos de concentrações em transbordo de esgoto combinado (CSOs), efluente secundário e escoamento superficial. Fonte: Adaptado de RESEARCH COUNCIL OF THE NATIONAL ACADEMIES, 2009.

Parâmetro	Concentrações médias (mg/L)		
	CSOs	Efluentes Secundários	Escoamento Superficial ² (chuvas)
DBO ₅	115	30	10 – 13
Sólidos em Suspensão (SS)	370	30	141 – 224
Nitrogênio Total	9 - 10	30	2 – 3
PO ₄	1,9	12	0,5 - 0,8
Chumbo ³	0,37	0,04	0,2
Coliformes Totais (NMP/100mL)	10 ⁵ - 10 ⁷	-	10 ³ - 10 ⁵

¹ Após EPA EUA (1978).

² Dados NURP (*Nationwide Urban Runoff Program*).

³ Níveis de Chumbo antes da proibição do uso de gasolina com chumbo nos EUA.

Morihamia *et. al.* (2012) concluíram em seus estudos feitos na região metropolitana de São Paulo, que a gestão fragmentada, em que os setores envolvidos (abastecimento de água e saneamento, drenagem, resíduos sólidos, uso do solo) são tratados separadamente, tem sido responsável, em parte, pela degradação crescente do

ecossistema urbano. O estudo versou sobre “Soluções integradas para o controle da poluição no escoamento urbano nas regiões metropolitanas brasileiras” e concluiu que a carga de poluição difusa que contribui para a degradação do rio Pinheiros em São Paulo, é expressiva, chegando a 36% em termos de DBO₅ no período avaliado (21/08/2009 a 28/12/2009). Esse estudo também reforça que embora no Brasil tenha sido adotado o sistema de esgotamento separador absoluto, na prática existem muitas ligações irregulares de esgotos em sistemas de drenagem e vice-versa. Com o crescimento populacional desordenado dos grandes centros urbanos, a correção dessas ligações torna-se bastante dispendiosa exigindo estudo e adoção de outras soluções alternativas.

Tal situação não deve ser diferente no litoral paulista, especialmente na Baixada Santista, comprometendo a qualidade balnear na Baía de Santos em períodos de chuvas intensas. Além do monitoramento da qualidade da água feito pelo órgão ambiental – Cetesb, essa degradação da qualidade das praias pode ser visualizada após chuvas intensas pela quantidade de resíduos tanto na água quanto na areia das praias.

O programa USEPA “Nationwide Urban Runoff Program” (NURP), também verificou que a concentração de poluentes, os volumes dos escoamentos e em consequência, a produção anual de poluentes variava com o uso do solo (BURTON & PITT, 2002). A quantidade de áreas impermeáveis diretamente conectadas é um ótimo indicador do volume de escoamento superficial de uma área. A extensão de superfícies impermeáveis “efetivas”, todavia, é uma função dos padrões de desenvolvimento (tamanho do lote, uso de drenagens em valas, residências, prédios, tipos de paisagens, etc.) que podem variar significativamente dentro de uma mesma categoria de uso do solo (como residencial de média densidade) e, também pela idade da urbanização e localização dentro de uma mesma cidade (BURTON e PITT, 2002).

A título de exemplificação, a Tabela 2 mostra um resumo das “Concentrações Médias no Evento - CME” calculadas pelo programa NURP para eventos monitorados entre 1979 e 1982 (EPA, 1983 *apud* BURTON & PITT, 2002). Os dados do NURP são, nos EUA, os dados de QA (qualidade de água) disponíveis mais detalhados e de livre acesso. Os valores obtidos estão classificados para áreas residenciais, comerciais e mistas.

Cabe destacar que a Concentração Média no Evento (CME), conforme Prodanoff (2005), é dada pela equação 01:

$$CME = \frac{M}{V} = \frac{\int_0^t C_t Q_t dt}{\int_0^t Q_t dt} \cong \frac{\sum C_t Q_t \Delta t}{\sum Q_t \Delta t} \quad (\text{eq. 01})$$

Onde: CME (mg/L); M a massa total de poluente durante o evento (g); V o volume total durante o evento (m³); t o tempo (s); C_t a concentração no tempo t (mg/L); Q_t a vazão no tempo t (m³/s) e Δt o intervalo de tempo (s).

Tabela 2 – Concentração média de poluentes por uso do solo (adaptado de EPA, 1983 *apud* BURTON & PITT, 2002).

Poluente	Residencial		Uso Misto		Comercial		Área não urbana	
	Mediana	CV ^a	Mediana	CV	Mediana	CV	Mediana	CV
DBO ₅ , mg/L	10	0,41	7,8	0,52	9,3	0,31	-	-
DQO, mg/L	73	0,55	65	0,58	57	0,39	40	0,78
TSS, mg/L	101	0,96	67	1,14	69	0,85	70	2,92
Nitrogênio Kjeldahl Total, µg/L	1900	0,73	1288,8	0,5	1179	0,43	965	1
NO ₂ + NO ₃ (N), µg/L	736	0,83	558	0,67	572	0,48	543	0,91
Fósforo Total, µg/L	383	0,69	263	0,75	201	0,67	121	1,66
Fósforo solúvel, µg/L	143	0,46	56	0,75	80	0,71	26	2,11
Chumbo total, µg/L	144	0,75	114	1,35	104	0,68	30	1,52
Cobre total, µg/L	33	0,99	27	1,32	29	0,81	-	-
Zinco total, µg/L	135	0,84	154	0,78	226	1,07	195	0,66

CV^a : Coeficiente de Variação = desvio padrão/ média.

A Tabela 3 mostra a mediana das concentrações de alguns poluentes monitorados em uma bacia de ocupação mista residencial e comercial, e de uma área industrial de Toronto, Ontário, para diferentes fases de escoamento no verão (PITT e MCLEAN, 1986 *apud* PRODANOFF, 2005; NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF THE NATIONAL ACADEMIES, 2009).

Tabela 3 – Mediana das concentrações dos poluentes por uso do solo no verão em Toronto, Ontário. Fonte: Adaptado de (PITT & MCLEAN, 1986 *apud* PRODANOFF, 2005; NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF THE NATIONAL ACADEMIES, 2009).

Poluente (mg/L)	Escoamento de Base - Verão		Escoamento Superficial - Inverno	
	Residencial	Industrial	Residencial	Industrial
Resíduo Total	979	554	256	371
Resíduo Filtrável	973	454	230	208
Resíduo Particulado	<5	43	22	117
Fósforo Total	0,09	0,73	0,28	0,75
Nitrogênio Kjeldahl Total	0,9	2,4	2,5	2,0
Fenólicos (µg/L)	<1,5	2	1,2	5,1
DQO	22	108	55	106
<i>Coliformes Fecais</i> (NMP/100 mL)	33.000,00	7.000,00	40.000,00	49.000,00
<i>Streptococci Fecal</i> (NMP/100mL)	2.300,00	8.800,00	20.000,00	39.000,00
Cromo	<0,06	0,42	<0,06	0,32
Cobre	0,02	0,045	0,03	0,06
Chumbo	<0,04	<0,04	<0,06	0,08
Zinco	0,04	0,18	0,06	0,19

As amostras foram obtidas dos escoamentos de base. Os escoamentos de base possuem, de forma surpreendente, altas concentrações de diversos poluentes, especialmente de sólidos dissolvidos (resíduo filtrado) e de coliformes fecais da área de contribuição residencial.

METODOLOGIA E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Visando a caracterização das cargas de base e, num trabalho posterior, da carga difusa nos canais, foi realizado cálculo das vazões teóricas em tempo seco como referência inicial de aspectos hidrológicos dos canais da região de Santos. Ramos Júnior, F. (2014), iniciou o estudo determinando as áreas de drenagem dos canais e aspectos como declividade, cota e tempo de concentração dos mesmos.

Devido à pouca informação inicial foi realizado o cálculo teórico das possíveis vazões máximas para as quais os canais foram projetados. Por fim, com dados de precipitação foram realizadas as primeiras simulações para a vazão dos canais em eventos de chuva, através de um software chuva x vazão para se estimar o comportamento do escoamento no Canal 4, escolhido como piloto (RAMOS JÚNIOR, 2014).

Área de Contribuição

A área de estudo é composta pela região insular do município de Santos, onde estão localizados os sete canais de drenagem. As áreas ilustradas na Figura 7 foram obtidas através do mapa planialtimétrico e plantas de microdrenagem dos bairros que foram fornecidos pela Prefeitura Municipal de Santos (RAMOS JÚNIOR, 2014).



Figura 7 – Definição das áreas de drenagem. Fonte: Estudo hidrológico preliminar de Santos/SP - RAMOS JÚNIOR, F. (2014). Em verde e azul, trechos dos canais que drenam para a Baía e Estuário, respectivamente. Amarelo – área de influência de cada trecho de canal.

Pela concepção do projeto, os canais foram projetados com um ponto de inflexão na declividade que faz com que parte da água drenada vá para a baía e a outra para o estuário. Desta forma, a área de contribuição dos canais foi dividida por Ramos Júnior, conforme Tabela 4. A definição das áreas foi realizada através do uso do software autoCAD com base nas plantas planialtimétrica e de microdrenagem.

Tabela 4 – Áreas de Drenagem

Canal	Área (m ²)		Área (Km ²)	
	Baía	Estuário	Baía	Estuário
1	3.643.683,02	2.388.360,59	3,64	2,39
2	2.179.992,37	-	2,18	-
3	2.349.418,91	94.841,37	2,35	0,09
4	1.309.058,03	1.101.366,40	1,31	1,10
5	1.495.649,02	491.265,68	1,50	0,49
6	935.344,26	703.384,09	0,94	0,70
7	620.902,79	-	0,62	-

Fonte: Estudo hidrológico preliminar de Santos-SP - RAMOS JÚNIOR, F. (2014)

Foram calculadas as vazões por simulação via software curva x vazão (tabela 5). Na simulação foi possível observar que para um evento isolado de chuva com intensidade superior a 20 mm/15 min, o tempo entre o início da formação do escoamento, até chegar ao pico de vazão e depois retornar a valores constantes de escoamento, foi de 9 horas (RAMOS JÚNIOR, 2014).

Tabela 5 - Vazões calculadas

Canal	Pico da vazão (simulação) m ³ /s
1	25,55
2	16,57
3	17,30
4	10,07
5	12,45
6	7,16
7	5,96

Fonte: Estudo hidrológico preliminar de Santos-SP - RAMOS JÚNIOR (2014).

Calibração da modelagem

Para fins de verificação e possível calibração do modelo, os resultados serão comparados, num trabalho posterior, com monitoramento *in situ*.

A Figura 8 apresenta a área de drenagem do canal 4, definida no estudo preliminar. A região denominada “C4 Baía” contribui diretamente para o escoamento em direção à baía, sendo a mais relevante para esse estudo por interferir diretamente na balneabilidade da praia (RAMOS JÚNIOR, 2014).

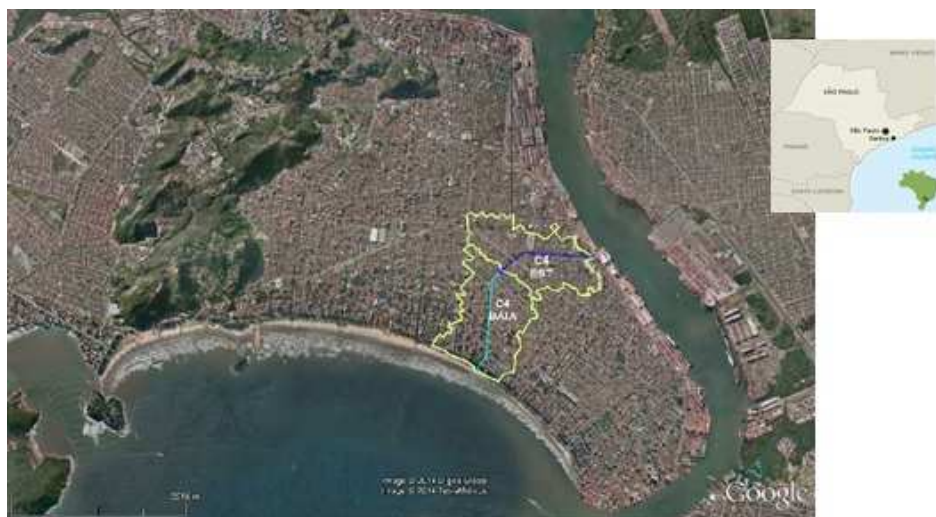


Figura 8 – Localização da área de estudo. Fonte: Estudo hidrológico preliminar de Santos-SP (RAMOS JÚNIOR, 2014).

A primeira campanha (medição de vazão em tempo seco) foi realizada no dia 21 de agosto de 2014, no canal 4 de Santos, entre as Av. Siqueira Campos e Av. Bartolomeu de Gusmão. A Figura 9 mostra a localização do ponto de coleta da água e medição da vazão.

Os canais de drenagem em Santos são dotados de 2 pontos de admissão ao interceptor da Sabesp, sendo um antigo e outro ponto construído mais recentemente (Projeto Onda Limpa). Do interceptor Oceânico, as águas são drenadas até a EPC (Estação de Pré Condicionamento) de Santos e lançadas no emissário submarino.

Inicialmente foi experimentada a medição numa seção transversal do canal, abortada devido às baixas condições de vazão (lembrando que em tempo seco, a comporta para a praia encontra-se fechada). A solução encontrada foi a medição ser realizada na “seção de entrada” dos dois pontos de admissão com a posterior soma dos resultados. Na sequência a admissão antiga foi fechada e a medição foi repetida na seção de entrada da nova admissão para fins de comparação.



Figura 9 – Localização do ponto de coleta de água e medição da vazão

A medição da vazão no canal foi feita através do uso do micromolinete (Figura 10) que foi posicionado nas entradas da admissão para o interceptor oceânico (Figura 11). Essas medições foram realizadas pela equipe técnica da Divisão de Recursos Hídricos da Metropolitana/ Sabesp.



Figura 10 – Micromolinete para medição da vazão



Figura 11 – Admissão para o emissário e ponto de medição

Em inspeção realizada das 13 às 14 horas do dia 21 de agosto de 2014, ao longo do canal 4, entre as Av. Bartolomeu de Gusmão e Rua Senador Dantas, foi possível observar diversas fontes de lançamento aparentemente irregulares e presença de material sólido (folhas de árvores, papéis, plástico e etc.), principalmente nas imediações da comporta próximo à praia. Observou-se redes de lançamento por todo o canal e algumas descargas que ocorreram durante a vistoria, variaram em sua intensidade, dissipação e no aspecto visual da água, com características aparentemente diferentes em relação à rede de drenagem. O local escolhido para coleta das amostras foi antes da comporta do canal 4, já na praia. As amostras foram coletadas, preservadas e encaminhadas para análise no laboratório de Controle Sanitário da Unidade de Negócio Baixada Santista – RS

/ Sabesp (Figura 12) que, juntamente com a equipe da Divisão de Tratamento e Disposição Final de Esgotos da Baixada Santista, contribuiu para a realização desse trabalho.

Foram realizadas coletas para análises de DBO, DQO, cloretos, SST e SSV, pH e temperatura (duas composições de amostras - Figura 13 - sendo a primeira com amostragens às 7h, 9h e 11h; e a segunda composta com amostragens às 13h, 15h e 17h). Para os parâmetros *Coliformes totais*, *E. coli* e *Enterococcus*, foram realizadas duas amostragens simples coletadas às 11h e às 17h para cada parâmetro.



Figura 12 – Preservação das amostras



Figura 13 – Preparação das amostras compostas

Resultados dos ensaios em campo

Medição de Vazão

Na Tabela 6 são apresentados os resultados obtidos quando as duas admissões estavam abertas.

Tabela 6 – Resultado da medição de vazão nas duas admissões

Admissão	Área Total (m ²)	Velocidade Média (m/s)	Régua Média (m)	Vazão (m ³ /s)
Antiga	0,228	0,072	0,82	0,016
Nova	0,224	0,075	0,82	0,017

Considerando que a vazão total do canal é a soma das vazões que estão entrando nas duas admissões, seu valor é de 0,033 m³/s.

Na Tabela 7 constam os resultados da segunda medição com apenas uma das admissões aberta.

Tabela 7 - Resultado da medição de vazão na admissão nova

Admissão	Área Total (m ²)	Velocidade Média (m/s)	Régua Média (m)	Vazão (m ³ /s)
Antiga	FECHADA			
Nova	0,236	0,113	0,82	0,027

Nesta segunda medição o valor da vazão do canal ficou em 0,027 m³/s. Comparada à primeira medição, a vazão do canal teve uma redução na ordem de aproximadamente 20 %. A equipe operacional da Sabesp -Unidade de Negócio da Baixada Santista, alega que tal diferença não pode ser considerada representativa, posto que a comporta da antiga admissão não apresenta vedação perfeita.

Objetivando identificar se houve um aumento ou diminuição da vazão, entre os períodos da manhã e o início da tarde, foi comparada a altura da régua. No período da manhã a régua registrava uma altura de 82 cm, enquanto que no início da tarde a régua indicava 80 cm. Isso mostra que houve uma diminuição da vazão da manhã para a tarde em termos relativos.

Qualidade da água

Cabe destacar que no presente estudo, estão sendo considerados os parâmetros pH, DBO, DQO, sólidos em suspensão, cloretos, *Coliformes totais*, *Escherichia coli* e *Enterococcus*.

Como trata-se de período seco, a comporta do canal encontrava-se fechada, sendo a água de drenagem encaminhada via “admissão” para o interceptor oceânico, não atingindo as praias. Segundo o “Boletim semanal Cetesb”, praticamente todas as praias do município de Santos encontravam-se próprias para banho no período de 08 a 29/08/2014, ou seja, sem chuvas e conseqüentemente, sem recebimento da água de drenagem dos canais.

Amostra composta

Para os parâmetros físico químicos, optou-se por amostragem composta. Na **Tabela 8** são apresentados os resultados obtidos para as duas amostras coletadas.

Tabela 8 – Resultados da amostragem composta

Indicadores	Período da manhã	Período da tarde
Cl ⁻ mg/L	159	149
DBO ₅ mg/L	< 4	<4
DQO total mg /L	20	12
pH u pH	7,7	7,8
SSF mg/L	0	0
SST mg/L	11	16
SSV mg/L	11	16
T.Amos. °C	12,5	13,0
T.Ar °C	22,5	21,5
T.pH °C	18,9	13,3

Destaca-se nos resultados que a concentração de DQO teve uma diminuição no período da manhã para a tarde, passando de 20 para 12 mg/l, ou seja, uma redução de 40 %. A concentração de DBO₅ permaneceu constante e abaixo do limite de detecção 4 mg/L. Outro fato que chama a atenção é que a concentração de SST é igual a de SSV, indicando que a composição de sólidos suspensos é basicamente de matéria orgânica.

Amostras Simples

A **Tabela 9** mostra os resultados obtidos através da análise das amostras simples.

Tabela 9 – Resultados das amostras simples

Indicadores	Período da manhã	Período da tarde
Cl ⁻ mg/L	159	149
Coliformes Totais NMP/100mL	>241960	>241960
<i>Enterococcus</i> NMP/100 mL	410	15150
<i>E.coli</i> NMP/100mL	72700	>241960
T.Amos. °C	12,5	13
T.Ar °C	22,5	21,5
T.pH °C	18,9	13,3

A análise da amostra ficou parcialmente comprometida, pois os valores de coliformes totais (CT) e *Escherichia coli* ficaram acima do limite de detecção, sendo assim não se sabe a variação absoluta entre as amostras. Os Coliformes totais ficaram acima de 10^5 NMP/100 mL em ambas amostras, enquanto que *E. coli* apresentou concentração de $7,2 \times 10^4$ NMP/100 mL, no período da manhã, e à tarde esse valor subiu para níveis superiores a 10^5 NMP/100 mL, dificultando uma determinação mais adequada da carga desse parâmetro biológico em tempo seco. Já para as concentrações de *Enterococcus*, foi possível observar a variação absoluta de sua concentração, que passou dos 410 para 15.150 NMP/100mL do período da manhã para a tarde, o que representa um aumento de quase 40 vezes, ou seja, uma variação muito significativa, com forte indício de lançamento de esgotos.

Dados Históricos

A equipe técnica da RS vinha fazendo coletas ao longo do canal 4. A Tabela 10 apresenta o histórico dos resultados para indicadores microbiológicos também em períodos secos no ano de 2014.

Tabela 10 – Resultados obtidos pela Unidade de Negócio Baixada Santista – RS, em tempo seco.

Data	Coliformes Totais NMP/100mL	<i>E. coli</i> NMP/100mL	<i>Enterococcus</i> NMP/100mL
15/05/2014	> 4,8E+06	1,2E+06	> 4,8E+04
22/05/2014	4,1E+06	2,2E+05	1,3E+04
29/05/2014	> 4,8E+06	4,9E+05	> 4,8E+04
05/06/2014	2,28E+06	1,21E+05	8,13E+03
26/06/2014	> 4,8E+06	4,6E+05	1,7E+04
03/07/2014	1,99E+06	1,2E+05	1,5E+04
17/07/2014	3,89E+05	5,5E+04	7,4E+03
24/07/2014	> 4,8E+06	3,3E+05	1,1E+04
31/07/2014	6,13E+05	4,4E+04	4,0E+03
21/08/2014	4,8E+05	6,89E+04	4,80E+03

Fonte: Adaptado de Sabesp – Relatório Análises dos canais Santos e São Vicente (2010 a 2014) - Divisão de Esgotos da Unidade de Negócio Baixada Santista - 2014.

Carga em Tempo Seco

Com base nos resultados do dia 21/08/2014, considerando-se como hipóteses simplificadoras, para fins de cálculo da média:

- Vazão constante ao longo do dia;
- A média dos resultados das composições da manhã e da tarde;
- Adoção dos valores dos limites de detecção nos casos de ultrapassagem dos mesmos (para mais ou para menos).

Teremos como carga em tempo seco recebida no interceptor da Sabesp, conforme Tabela 11:

Tabela 11 – Cargas médias em tempo seco (condições de base no Canal 4)

Parâmetro	Concentração média	Carga
Cl ⁻	154 mg/L	439,08 (kg/d)
DBO ₅	4 mg/L	11,40 (kg/d)
DQO total	16 mg/L	45,62 (kg/d)
pH	7,75 u pH	-
SSF	0 mg/L	-
SST	13,5 mg/L	38,49 (kg/d)
SSV	13,5 mg/L	38,49 (kg/d)
<i>Enterococcus</i>	7780 NMP/100 mL	2,22E+11 (NMP/ d)

Parâmetro	Concentração média	Carga
<i>E.coli</i>	157330 NMP/100 mL	4,49E+12 (NMP /d)

No geral e comparando-se com as tabelas 1, 2 e 3, verifica-se que em tempo seco (condições de base), excetuando-se os indicadores biológicos, os demais parâmetros estão levemente abaixo da média levantada em tais referências pesquisadas.

As concentrações dos indicadores microbiológicos analisados (*E. coli* e *Enterococcus*) apresentam valores elevados (mesmo com a adoção dos valores dos limites de quantificação quando da ultrapassagem destes, conforme hipóteses simplificadoras), indicando a presença de esgotos misturados às águas de drenagem.

CONCLUSÕES

A preocupação com eventos de contaminação de curto prazo tem despertado a atenção e sido alvo de ações emergenciais nos países mais desenvolvidos. Sistemas têm sido desenvolvidos para fornecer suporte técnico necessário para implementar as diferentes estratégias de gestão, agilizando tempo de resposta e implementando ações preventivas e corretivas, minimizando assim, os riscos à saúde dos banhistas. É o que na Europa tem sido chamada “gestão ativa” da qualidade banhear e não simplesmente “monitoramento”.

Com esse foco, além de monitoramento em tempo real (usando-se modelagem integrada de sistemas de esgoto e águas costeiras, alimentado com dados de sensores em tempo real), de modelagem preditiva (modelagem acrescida de dados como previsão do tempo, marés, etc.) a fim de fornecer estimativas da qualidade das águas balneares com 48h de antecedência, e de análises por métodos rápidos usados pela biologia molecular (qPCR), ações têm sido desenvolvidas visando evitar carreamento de poluentes pelas chuvas (empregando jardins filtrantes, por exemplo) ou ao menos desviar lançamentos de sistemas de drenagem das praias, minimizando assim os impactos à qualidade banhear.

Em Santos – litoral Paulista, com vistas à futura caracterização da carga difusa, foi iniciada a caracterização das condições de base (tempo seco) em um dos canais de drenagem, usado como piloto. Desta forma, quanto à medição de vazão no canal 4 em tempo seco, embora a soma das vazões medidas nos dois pontos de admissão (33 L/s), tenha sido cerca de 22 % superior à vazão total medida num único ponto (27 L/s na nova admissão com a antiga fechada), a equipe operacional local não considerou um desvio significativo, posto a vedação do registro da admissão antiga não ser perfeita. Desta forma, de forma simplificada, pode-se considerar os 33 L/s como sendo a vazão média medida no dia.

Os parâmetros de qualidade da água mostram uma baixa presença de DBO_5 (< 4 mg/l), além de um aumento de 40 % na concentração da DQO entre as amostras coletadas no período da manhã (composta da manhã) e da tarde (composta da tarde), não ultrapassando o valor de 20 mg/L. Desta forma, considerando-se as hipóteses simplificadoras citadas na apresentação dos resultados, a relação DBO/DQO ficou entre 0,20 e 0,33, nos períodos da manhã e tarde, respectivamente. Razão compatível com águas de sistemas de drenagem para os usos urbanos (pesquisados em literatura), como é o caso da área de abrangência do Canal 4 no trecho avaliado.

Houve um prejuízo na análise microbiológica da água, à medida que os indicadores de *Coliformes totais* e *E. coli* superaram o limite de detecção, não sendo possível quantificar-se a variação entre as duas amostras (períodos na manhã e da tarde). Sabe-se que os *Coliformes totais* ficaram acima de 10^6 enquanto a *Escherichia coli* ficou acima de $7,2 \cdot 10^4$. Já o indicador de *Enterococcus* teve uma variação de 40 vezes na concentração da amostra da manhã para a da tarde. O problema do limite de detecção já foi equacionado com o laboratório local para as próximas campanhas, dada a necessidade dessas concentrações para análise das cargas de “base” (tempo seco) e posteriormente, difusa (período chuvoso).

Comparando-se com algumas literaturas, a maior parte dos parâmetros apresentou concentrações inferiores às dos escoamentos para uso urbano e misto do solo, no entanto os parâmetros biológicos ficaram acima dos limites do CONAMA 357/05, em alguns momentos aproximando-se das concentrações de esgoto.

Durante a vistoria feita no canal, foi observada a presença de resíduos sólidos como folhas e galhos de árvores, papel, isopor e plásticos, principalmente próximo à comporta para a praia. Existem também espécies de aves e peixes. Observou-se redes de lançamento por todo o canal e algumas descargas que ocorreram durante a vistoria, variaram em sua intensidade, dissipação e no aspecto visual da água, com características aparentemente diferentes em relação a redes de drenagem.

Considerando-se as hipóteses simplificadoras anteriormente descritas, a carga no sistema de drenagem “Canal 4”, em período seco (condições de base, com vazão de 33 L/s), foi de $2,22 \cdot 10^{11}$ NMP/d para *Enterococcus* e de $4,49 \cdot 10^{12}$ NMP/d para *E. coli*, sendo atualmente lançados no mar via emissário submarino, a 4,5 km do continente, ou seja, afastado das praias, evitando-se prejuízos à balneabilidade em tempo seco. Só a título de ilustração, se considerássemos apenas o fator diluição, desprezando-se o decaimento bacteriano causado por fatores como radiação solar, salinidade, temperatura, predatismo entre outros, essa carga mesmo em tempo seco já necessitaria de cerca de 6,5 m³/s de água limpa para sua diluição a níveis aceitáveis de *E.coli* para fins balneares, que é de 800 NMP/100mL (Resolução CONAMA 274/2000). Vale lembrar que a carga de *E. coli* deve ser maior, visto os resultados terem ultrapassado o limite de detecção analítico utilizado, e que, na realidade o decaimento bacteriano é um fator importantíssimo na recuperação da qualidade balnear das águas costeiras, tendo sido desconsiderado apenas de forma ilustrativa. As cargas de DBO₅ e DQO foram 11,40 kg/d e 45,62 kg/d, respectivamente. Os sólidos em suspensão voláteis apresentaram carga de 38,49 kg/d e os cloretos, de 439,08 kg/d.

RECOMENDAÇÕES

Refazer a avaliação no canal em período seco para melhor caracterização do comportamento ao longo do dia, medindo eventuais variações qualitativas e quantitativas, com vistas ao estabelecimento das condições médias em tempo seco (características de “base”).

Melhorar o processo de análise dos indicadores biológicos, para que não extrapolem o limite de detecção do processo e inviabilizem a obtenção da carga média, bem como a variação absoluta do parâmetro.

Prosseguir com a avaliação da carga em tempo chuvoso, obtendo-se assim, estimativa da carga difusa afluente à praia na região afetada pelo canal 4.

PRÓXIMAS ETAPAS

Para que se levante a curva da poluição difusa, ou como se diz, “polutograma” (que é a distribuição temporal das concentrações de poluentes), objetivo da próxima etapa do estudo, além das condições de base, far-se-á necessário o levantamento da carga poluidora em tempo de chuva. Para o levantamento da poluição difusa, as amostragens e medições devem ser realizadas em pequenos intervalos de tempo durante o evento pluviométrico, desde o início da precipitação até a estabilização da vazão para as condições próximas às de base.

Desta forma, posteriormente, em data a ser agendada (de acordo com as condições meteorológicas e de maré), prosseguir-se-á com as medições de vazão e qualidade das águas no canal 4 durante um evento da chuva para os mesmos parâmetros anteriormente citados (coletas a cada quinze minutos a meia hora a partir do evento de precipitação igual ou superior a 20 mm), para fins de levantamento da curva da carga poluidora e avaliação preliminar de seu impacto na qualidade balnear a partir do uso de modelagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Amerinam Public Works Association (APWA). Nonpoint pollution and urban stormwater management. Water Quality Management Library, v. 9, 1969.
2. Australian Government. Guidelines for Managing Risks in Recreational Water. 2008.
3. BAY RESTORATION COMISSION – STEWARDS OF SANTA MONICA BAY. Santa Monica Bay Restoration Plan Check-up: Implementation Progress Update. (1995-2008). 2008. http://www.smbrc.ca.gov/about_us/snbr_plan/docs/smbrcplan_checkup1995thru2008.pdf
4. BRITES, A. P. Z. e GASTALDINI, M. C. C. Avaliação Da Carga Difusa Da Drenagem Pluvial Urbana Na Bacia Hidrográfica Cancela. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande, MS. set. 2005.
5. BURTON, G. A. e PITT, R. E. Stormwater Effects Handbook: A Toolbox for Watershed Managers, Scientists, and Engineers. Lewis Publishers, 2002.
6. CETESB. Boletim semanal Cetesb. 2014.
7. GRIFFITH, J. F., LAYTON, B. A., BOEHM, A. B., HOLDEN, P. A., JAY, J. A., HAGEDORN, C., MCGEE, C. D., WEISBERG, S. B. The California Microbial Source Identification Manual: A Tiered

- Approach to Identifying Fecal Pollution Sources to Beaches. Southern California Coastal Water Research Project. Technical Report, dec. 2013.
8. GUTIÉRREZ, E.; MALGRAT, P.; SUÑER, D.; OTHEGUY, P. Real Time Management of Bathing Water Quality in Barcelona. Novatech. 2010.
 9. HARARI, J., FERREIRA, F. R., DEGASPARI, F. A., SARTOR, S. M. Modelagem Numérica da Hidrodinâmica e da Dispersão de Esgoto na Baía de Santos, SP. Revista ABRH. 2012.
 10. HEAL THE BAY'S - Annual Beach Report Card - 21st Annual Beach Report Card. 2013-2014
 11. LARGIER, J., TAGGART, M. Improving water quality at enclosed beaches. A report on the enclosed beach on Symposium and Whorkshop (Clean beaches initiative). 2006
 12. MORIHAMA, A. C. D., AMARO, C., AMARO, E. N. S., YAZAKI, L. F. O. L., PEREIRA, M. C. S., PORTO, M. F. A., MUKAI, P. e LUCCI, R. M. Integrated solutions for urban runoff pollution control in Brazilian metropolitan regions. Water Science & Technology, 66.4, 2012.
 13. NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF THE NATIONAL ACADEMIES. Urban Stormwater Management in the United States. Washington, D.C. 2009.
 14. NEVES, R, BARETTA, J., MATEUS, M. Perspectives on Integrated Coastal Zone Management in South America. Ecomanage Project, p.365-465. Portugal. 2008
 15. PRODANOFF, J. H. A. Avaliação da Poluição Difusa Gerada por Enxurradas em Meio Urbano. Tese submetida à Universidade Federal do Rio de Janeiro/ COPPE. Rio de Janeiro, jun. 2012.
 16. RAMOS JÚNIOR, F. C. Estudo hidrológico preliminar de Santos-SP. Relatório Interno. Sabesp. Jul. 2014.
 17. SABESP - Relatório – Análises dos canais Santos e São Vicente (2010 a 2014) - Divisão de Esgotos da Unidade de Negócio Baixada Santista. jul. 2014.
 18. THE NATIONAL ACADEMIES PRESS. Athmospheric Deposition. 2009. http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=12465&page=204 (acesso em 11/08/2014).
 19. TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. dez. 2001.