

# Um Plano *Goal/Question/Metrics* para Aprendizado Baseado em Problemas na Engenharia de Software

Jonas M. Chagas<sup>1</sup>, João Pablo S. da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campus Alegrete – Universidade Federal do Pampa  
Avenida Tiarajú, 810 – Alegrete, RS, Brazil

jonaschagas10@gmail.com, joaosilva@unipampa.edu.br

**Abstract.** *Problem-Based Learning (PBL) is a teaching-learning constructivist approach that has been used to teach software engineering. Its constructivist nature requires that the learning should be continuously monitored from different perspectives, which are not always clearly defined for teachers. Thus, we proposed in this work a Goal/Question/Metrics (GQM) Plan to monitor the students learning in PBL-based Software Engineering courses. The proposed Plan was made by applying the GQM method and evaluated by performing a pilot in a Higher Education Institution. As a result, we obtained evidence that the proposed GQM Plan is useful to monitor the teaching-learning process.*

**Resumo.** *A Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) é uma abordagem construtivista de ensino-aprendizagem que tem sido usada para ensinar conteúdos relacionados à Engenharia de Software (ES). A natureza construtivista de ABP requer que a aprendizagem dos discentes seja continuamente monitorada de diferentes perspectivas, as quais nem sempre estão claramente definidas para os docentes. Assim, propõe-se neste trabalho um Plano Goal/Question/Metrics (GQM) a ser usado em componentes curriculares que utilizam ABP para ensinar ES. O plano em questão foi elaborado aplicando o método GQM e avaliado em um piloto executado em uma Instituição de Ensino Superior (IES). Como resultado, foram geradas evidências que indicam que o Plano GQM proposto é útil para monitorar o processo de ensino-aprendizagem.*

## 1. Introdução

A Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) é uma abordagem construtivista de ensino-aprendizagem que explora problemas de diversos tipos, permitindo o desenvolvimento do raciocínio lógico, da criatividade, o aumento da motivação e da interpretação de textos pelo discente quando da resolução de problemas [Martins 2002]. A literatura especializada reporta o uso ABP como metodologia estratégica para o ensino de conteúdos relacionados à Engenharia de Software (ES) [Cheiran et al. 2017]. A natureza construtivista de ABP requer que a aprendizagem dos discentes seja continuamente monitorada de diferentes perspectivas, as quais nem sempre estão claramente definidas para os docentes. Diante disso, faz-se o seguinte questionamento: o que deveria ser observado ao aplicar ABP no ensino de ES de forma a perceber claramente se os objetivos de aprendizagem estão sendo atingidos?

Para responder essa questão, propõe-se neste trabalho um Plano *Goal/Question/Metrics* (GQM) a ser usado em componentes curriculares que utilizam ABP para ensinar ES. GQM é uma abordagem orientada à metas que permite a

definição *top-down* de um processo de medição e a análise e interpretação *bottom-up* dos dados de medição [Van Solingen and Berghout 1999]. Para definir o Plano GQM proposto, primeiramente, foram estabelecidas as metas de medição. Após, para cada meta de medição, foi derivado um conjunto de questões relacionadas. Por fim, foram especificadas as medidas necessárias para responder cada uma das questões. O Plano GQM foi avaliado em um piloto executado em uma Instituição de Ensino Superior (IES) que usa ABP para ensinar ES.

O restante do trabalho está organizado como segue. Na Seção 2 é apresentada uma breve visão geral dos principais conceitos relacionados à este trabalho. Na Seção 3 são relatados alguns trabalhos relacionados e como eles foram descobertos. Na Seção 4 é descrita a execução do GQM para a criação do Plano de M&A proposto. Na Seção 5 é reportada a execução do piloto e os resultados obtido ao final. Por fim, na Seção 6 são apresentadas as conclusões e trabalhos futuros.

## 2. Fundamentação Teórica

A seguir, é apresentada uma visão geral sobre ABP e GQM.

### 2.1. Aprendizado Baseado em Problemas

ABP é uma abordagem construtivista de ensino-aprendizagem que explora problemas de diversos tipos, permitindo o desenvolvimento do raciocínio lógico, da criatividade, o aumento da motivação e da interpretação de textos pelo discente quando da resolução do problema [Martins 2002]. A Figura 1 mostra os principais elementos envolvidos na ABP. O problema a ser resolvido é o gatilho para o processo de aprendizagem. O conhecimento representa o que é necessário saber para encontrar uma solução viável para o problema. O discente é autônomo e responsável pela construção dos conhecimentos necessários para resolver o problema. O tutor atua como facilitador no processo de aprendizagem.

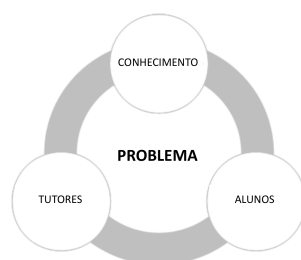


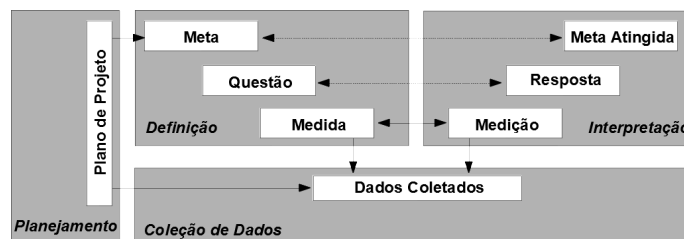
Figura 1. Elementos envolvidos em ABP.

O uso de ABP como estratégia metodológica favorece: (i) integração entre universidade e empresa, uma vez que os discentes podem trazer para a universidade problemas de diversos domínios, mantendo o contato com as empresas e seus problemas; (ii) integração entre ensino e pesquisa, porque os docentes, ao supervisionarem grupos com problemas ainda não resolvidos, podem aplicar técnicas atuais; (iii) relação entre empresa e pesquisa, pois os problemas das empresas podem ser estudados diretamente pela academia [Araújo and Sastre 2009].

### 2.2. Goal/Question/Metrics

O GQM é uma abordagem orientada a metas para medição de produto, projeto ou processo, a qual permite a definição *top-down* de um processo de medição e a análise e

interpretação *bottom-up* dos dados de medição. O método GQM, conforme pode ser visto na Figura 2, é formado por 4 fases: planejamento, definição, coleta de dados e interpretação [Van Solingen and Berghout 1999].



**Figura 2. Visão geral do método GQM [Van Solingen and Berghout 1999].**

A fase de planejamento tem o objetivo de coletar todas informações necessárias para dar início ao processo, além de preparar e motivar os membros da organização para o programa de medição. Existem 5 etapas para cumprir essa fase: estabelecer o time GQM, selecionar uma área de melhoria, escolher um projeto para aplicação, elaborar o plano de projeto e formação e promoção. A fase de definição tem como objetivo realizar todas atividades necessárias para efetivamente estabelecer um plano de medição. Nessa fase são realizadas as seguintes atividades: definição de metas, realização de entrevistas, definição de questões, definição de medidas, criação do plano GQM, criação do plano de medição, criação do plano de análise e revisão dos planos [Van Solingen and Berghout 1999].

A fase de coleta visa estabelecer os procedimentos e ferramentas para coleta e armazenamento dos dados de medição. As principais atividades para essa fase são: coletar dados, iniciar a formação da equipe, definir formas de armazenamento dos dados e é possível rodar um período piloto para validação das medidas. Finalmente, a fase de interpretação tem como objetivo responder as questões definidas no intuito de avaliar o atendimento das metas GQM. As principais atividades a serem realizadas nesta fase são: preparar a sessão de *feedback*, realizar a sessão de *feedback* e reportar a interpretação dos resultados [Van Solingen and Berghout 1999].

### 3. Trabalhos Relacionados

Para identificar os trabalhos relacionados, realizou-se um mapeamento sistemático conforme guia proposto por [Petersen et al. 2008]. Como resultado, obteve-se 8 artigos publicados entre 2011 e 2015, os quais são brevemente apresentados a seguir.

Gencel *et al.* estabeleceram um plano de medição utilizando o GQM com o objetivo de utilizar uma ferramenta para apoio a seleção de medidas [Gencel et al. 2013]. Kowalczyk *et al.* utilizaram o GQM para alinhar as atividades realizadas com os objetivos organizacionais [Kowalczyk et al. 2014]. Southekal e Levin utilizaram o GQM para realizar uma validação de um experimento [Southekal and Levin 2011]. Kim definiu um plano de medição e análise utilizando o GQM, para melhoria no processo de desenvolvimento de software [Kim 2012]. Reinfrank *et al.* definiu um plano de medição e análise utilizando o GQM para mensurar a qualidade das bases de conhecimento [Reinfrank et al. 2015]. Raju e Uma utilizaram o GQM para estabelecer uma forma de priorização de requisitos [Raju and Uma 2014]. Parkash e Kaushik estabeleceram um plano de medição com o apoio do GQM para que sirva de modelo para pequenas e

médias empresas [Parkash and Kaushik 2013]. Münch *et al.* utilizaram o GQM para definir um plano de medição afim de alinhar metas e objetivos organizacionais, evidenciando a parte estratégica da empresa para funcionários [Münch et al. 2013].

Os trabalhos de Gencel *et al.*; Kim, Reinfrank *et al.*; Parkash e Kaushik; e Münch *et al.* utilizaram o GQM para estabelecer um plano de medição em diversos contextos. Os trabalhos de Raju e Uma; e Southekal e Levin utilizaram fatores estatísticos para validar as medidas definidas. Já o trabalho de Kowalczyk *et al.* descreve como conduzir as entrevistas com a equipe, as realizar as reuniões de curta duração e passar um *feedback* para os envolvidos. Após a análise, verificou-se que nenhum dos trabalhos encontrados reporta a aplicação do GQM no contexto acadêmico. Contudo, os relatos das aplicações descrevem toda sistematização necessária para aplicar o paradigma em outros contextos.

#### 4. Definição do Plano GQM

O Plano GQM foi elaborado tendo como escopo uma IES que aplica ABP para o ensino de conteúdos relacionados à ES. Para a elaboração do Plano GQM, foram ouvidas 17 pessoa, 7 docentes e 10 discentes, em 3 entrevistas de 50 minutos cada. As entrevistas foram guiadas por um roteiro elaboradas a partir do Projeto Pedagógico da IES alvo. Como resultado, primeiramente, definiu-se o seguinte objetivo de melhoria: **Certificar-se que os discentes estão desenvolvendo todas as habilidades e competências necessárias para resolução dos problemas.** Uma vez estabelecido o objetivo de melhoria, definiram-se as seguintes metas de medição:

- **Meta 1:** Avaliar a atitude ativa do discente, no intuito de monitorar a execução do processo, no que tange a eficiência da aplicação na perspectiva da coordenação do curso no contexto das disciplinas.
- **Meta 2:** Avaliar o trabalho colaborativo, no intuito de monitorar a execução do processo, no que tange a eficiência da aplicação na perspectiva da coordenação do curso no contexto das disciplinas.
- **Meta 3:** Avaliar o estabelecimento entre teoria e prática da Engenharia de Software, no intuito de monitorar a execução do processo, no que tange a eficiência da aplicação na perspectiva da coordenação do curso no contexto das disciplinas.

Com as metas definidas, foram derivadas algumas questões relacionadas com as metas a partir do material da primeira rodada de entrevista. Assim que foi realizada a segunda rodada de entrevistas mais questões surgiram através da equipe de projeto. O processo de verificação e validação das questões ocorreu durante as entrevistas de forma iterativa. Ao final foram definidas e validadas 3 questões para cada meta GQM.

Para **meta 1**, definiu-se as seguintes questões:

- Q-1.1) O discente procurou ajuda do professor para tirar dúvidas ou relatar alguma informação sobre o problema proposto?
- Q-1.2) O discente possui interesse em aprender, mesmo em situações adversas?
- Q-1.3) Quais meios/canais o discente buscou realizar pesquisas para resolução do problema proposto?

Para **meta 2**, definiu-se as as seguintes questões:

- Q-2.1) O grupo debate sobre questões relacionadas ao trabalho?

- Q-2.2) Quando há dúvidas sobre o trabalho, o grupo procura o docente ou prefere tirar dúvidas individualmente?
- Q-2.3) O grupo utiliza ferramentas para apoiar a colaboração?

Para **meta 3**, definiu-se as seguintes questões:

- Q-3.1) Dentro do contexto do componente curricular, o produto/trabalho entregue possui uma boa qualidade em relação a teoria da ES?
- Q-3.2) Os discentes demonstram conhecimento teórico para sustentar uma decisão referente a solução?
- Q-3.3) Os discentes identificaram os conhecimentos teóricos para resolver o problema proposto?

Uma vez definidas as questões, foram identificadas e especificadas 14 medidas simples necessárias para responder as questões. Em todas medidas o docente é o responsável pela coleta e armazenamento.

A seguir são listadas as medidas simples que respondem as questões da **meta 1**.

- M-1.1.1) Avaliação das abordagens do discente junto o docente – diariamente o docente realiza a avaliação referente as abordagens do discente em sala de aula para solicitar auxílio relacionado ao trabalho proposto;
- M 1.1.2) Quantidade e-mails enviados pelo discente ao docente – ao final do semestre o docente pesquisa a quantidade de e-mails que o discente enviou ao longo do semestre para solicitar auxílio relacionado ao trabalho proposto;
- M 1.1.3) Quantidade de mensagens enviadas pelo chat do Moodle – ao final do semestre o docente pesquisa a quantidade de mensagens que o discente enviou pelo chat do Moodle ao longo do semestre para solicitar auxílio relacionado ao trabalho proposto;
- M 1.1.4) Quantidade postagens no fórum da disciplina do Moodle – ao final do semestre o docente pesquisa a quantidade de postagens no fórum oficial da disciplina no Moodle que o discente postou ao longo do semestre para solicitar auxílio relacionado ao trabalho proposto;
- M 1.3.1) Quantidade de livros utilizados – ao final da iteração o discente informa ao docente a quantidade de livros utilizados ao longo do semestre para lhe auxiliar na resolução do trabalho proposto;
- M 1.3.2) Quantidade de materiais eletrônicos utilizados – ao final da iteração o discente informa ao docente a quantidade de materiais eletrônicos utilizados ao longo do semestre para lhe auxiliar na resolução do trabalho proposto;

A seguir são listadas as medidas simples que respondem as questões da **meta 2**.

- M 2.1.1) Quantidade de canais de comunicação utilizados – ao final da iteração o grupo informa ao docente a quantidade de canais de comunicação que utilizou ao longo da iteração para apoiar a colaboração do grupo;
- M 2.1.2) Quantidade de reuniões marcadas pelo grupo – ao final da iteração o grupo informa ao docente a quantidade de reuniões marcadas ao longo da iteração para resolução do trabalho proposto;
- M-2.1.3) Avaliação dos debates do grupo em sala de aula – diariamente o docente realiza a avaliação referente os debates do grupo em sala de aula com intuito de resolver o trabalho proposto;

- M 2.2.1) Avaliação das abordagens do grupo junto o docente – diariamente o docente realiza a avaliação referente as abordagens do grupo em sala de aula para solicitar auxílio relacionado ao trabalho proposto;
- M 2.2.2) Quantidade de e-mails enviados pelo grupo ao docente – ao final do semestre o docente pesquisa a quantidade de e-mails que o grupo enviou para solicitar auxílio sobre o trabalho proposto;
- M 2.3.1) Quantidade de ferramentas utilizadas pelo grupo – ao final da iteração o grupo informa ao docente a quantidade de ferramentas utilizadas ao longo da iteração para apoiar a colaboração do grupo;

A seguir são listadas as medidas simples que respondem as questões da **meta 3**.

- M 3.1.1) Avaliação dos conhecimentos teóricos do discente – ao final da iteração o docente realiza a avaliação referente aos conhecimentos teóricos do discente para sustentar uma decisão referente a solução do trabalho proposto;
- M 3.3.1) Avaliação da prática do discente – ao final da iteração o discente informa ao docente se ele identificou que a prática oportunizou um melhor entendimento sobre a teoria;

Para cada medida simples foi derivado uma medida composta. O cálculo das medidas compostas é definido pela seguinte fórmula:  $\mu = (\sum_{i=1}^n X_i)/n$ . Onde  $X_i$  representa os valores das avaliações da medida simples utilizada e  $n$  representa a quantidade de discentes/grupos. Para o cálculo de algumas medidas, foi preciso normalizar os dados quantitativos em qualitativos, para assim poder utilizar uma só escala na análise do indicador. A normalização foi validada junto aos docentes.

Para cada meta foi definido um **indicador** correspondente. Assim, as medidas compostas analisadas em cada indicador pertencem a sua respectiva meta. Os cálculos utilizados pelos indicadores são:  $\mu = (\sum_{i=1}^n X_i)/n$ . Onde  $X_i$  representa os valores das avaliações da turma e  $n$  representa a quantidade de medidas avaliadas. O desvio padrão é definido por:  $\sigma = \sqrt{(\sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^2)/(n - 1)}$ . Onde  $X_i$  representa os valores das avaliações da turma,  $\mu$  representa a média das avaliações e  $n$  representa a quantidade de medidas avaliadas.

**Descrição da interpretação para os indicadores:** Se alguma medida estiver abaixo da faixa do desvio padrão indica que a mesma possui uma dispersão em relação as demais medidas, assim é possível inferir que a avaliação dessa medida é ruim e que há a necessidade de melhorá-la. Se alguma medida estiver dentro da faixa do desvio padrão, é possível utilizar a média para realizar a análise. Se alguma medida estiver abaixo da média é possível inferir que a medida possui uma avaliação ruim e que há a necessidade de melhorá-la. Já se alguma medida estiver acima da média é possível inferir que a mesma possui uma boa avaliação em relação as demais e há a necessidade de mantê-la. Por fim, se alguma medida da turma estiver acima do desvio padrão indica que possui uma dispersão em relação as demais medidas, com isso é possível inferir que a avaliação dessa medida é boa e que há a necessidade de mantê-la.

## 5. Execução Piloto

O período piloto foi realizado na execução dos componentes de ABP do semestre 2016/02. A coleta foi realizada no período de duas semanas. Ao final do período foi

solicitado aos docentes avaliarem as medidas e as formas de coleta. Não foram possíveis coletar as medidas previstas para o fim do semestre, devido ao tempo para encerramento do trabalho.

### 5.1. Resultados Obtidos

A Figura 3 sintetiza os resultados obtidos com a execução do piloto. No **Gráfico A** o indicador que remete a Meta 1 demonstra que duas das três medidas coletadas estão abaixo da média estabelecida. Essa informação pode auxiliar o docente a instigar os discentes a tirarem mais dúvidas sobre o trabalho em aula e utilizarem mais livros na solução do problema. Para coordenação o indicador demonstra que a meta não está sendo atingida e as medidas ruins devem ser trabalhadas para serem melhoradas. Já no **Gráfico B** é possível verificar através do indicador que remete a Meta 2 que duas das cinco medidas coletadas estão abaixo da média estabelecida. As medidas abaixo da média interferem diretamente na colaboração do grupo e uma possível solução é o docente sugerir aos grupos a utilização de mais ferramentas e canais de comunicação para apoiar o trabalho e a comunicação do grupo. Para coordenação o indicador demonstra que a meta está sendo atingida em sua maioria, porém existem alguns pontos fracos que devem ser resolvidos. Por fim, no **Gráfico C** é possível verificar através do indicador que remete a Meta 3 que uma das duas medidas coletadas está abaixo da média estabelecida. Essa informação é de suma importância uma vez que os discentes podem estar atingindo o objetivo do trabalho prático, porém não estão identificando a teoria por trás da solução. Assim o docente pode realizar mais perguntas ao discente para investigar mais se ele possui o conhecimento teórico da solução ou pode até propor trabalho adicional ao discente. Para coordenação o indicador demonstra que a meta está sendo atingida parcialmente, e que deve ser melhorado a medida ruim.

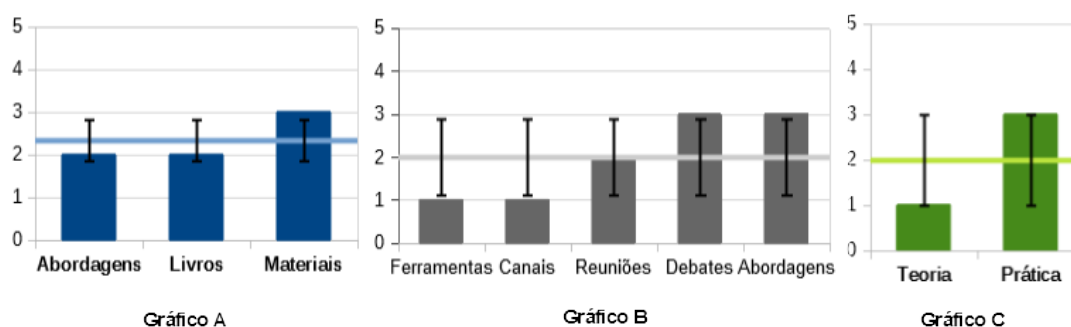


Figura 3. Indicadores gerados durante o piloto.

As avaliações dos docentes foram realizadas do ponto de vista do Plano GQM como um todo. Foram inferidas 4 afirmações sobre Plano GQM. A primeira afirmação: **A forma de coleta é adequada**, em torno de 70% das respostas concordam que a forma da coleta é adequada. A segunda afirmação: **A forma de armazenamento da medida é adequado**, em torno de 45% das avaliações discordaram da forma de armazenamento, isso demonstra que o armazenamento manual dificulta o processo. A terceira afirmação: **A medida é relevante para o Plano GQM**, mais de 80% das respostas dos professores concordam que as medidas avaliadas são importantes para o plano, o que se torna um bom indicador para o trabalho. Por fim a quarta afirmação: **O indicador é representativo**, 71% das respostas concordam que o indicador é representativo.

## 6. Conclusão

Nesse trabalho foi criado a primeira versão de um plano GQM para componentes curriculares que utilizam ABP. De acordo com o piloto realizado, o plano irá auxiliar a gestão com dados reais dos componentes para avaliar os objetivos de ensino/aprendizagem. Já os docentes, terão dados reais dos componentes facilitando a tomada de decisão sobre os discentes. O plano contribui também para área acadêmica, uma vez que não encontramos relatos de aplicações do GQM no contexto acadêmico. Para trabalhos futuros, realizar um período de coleta com mais tempo e automatizar a coleta de dados e armazenamento.

## Referências

- Araújo, U. F. and Sastre, G. (2009). *Aprendizagem Baseada em Problemas no Ensino Superior*. Summus, São Paulo, 1 edition.
- Cheiran, J. F. P., Rodrigues, E. M., Carvalho, E. L. S., and Silva, J. P. S. (2017). Problem-based learning to align theory and practice in software testing teaching. In *Proceedings of the 31st Brazilian Symposium on Software Engineering*, page 10, Fortaleza. ACM.
- Gencel, C., Petersen, K., Mughal, A. A., and Iqbal, M. I. (2013). A decision support framework for metrics selection in goal-based measurement programs: Gqm-dsfms. *Journal of Systems and Software*, 86(12):3091–3108.
- Kim, H. (2012). Frameworks for validation of mobile software project performance. In *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science*, volume 1, pages 24–26.
- Kowalczyk, M., Münch, J., Katahira, M., Kaneko, T., Miyamoto, Y., and Koishi, Y. (2014). Aligning software-related strategies in multi-organizational settings. *arXiv preprint arXiv:1401.1910*.
- Martins, J. G. (2002). *Aprendizagem Baseada em Problemas Aplicada a Ambiente Virtual de Aprendizagem*. PhD thesis, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Münch, J., Fagerholm, F., Kettunen, P., Pagels, M., and Partanen, J. (2013). The effects of gqm+ strategies on organizational alignment. *arXiv preprint arXiv:1311.6221*.
- Parkash, S. and Kaushik, V. K. (2013). Simplified product value measurement framework for small and medium sized enterprises. *LogForum*, 9(3):161–166.
- Petersen, K., Feldt, R., Mujtaba, S., and Mattsson, M. (2008). Systematic mapping studies in software engineering. In *12th international conference on evaluation and assessment in software engineering*, volume 17, pages 1–10. sn.
- Raju, S. and Uma, G. (2014). A quantitative measurement of software requirement factors using goal question metric (gqm) approach.
- Reinfrank, F., Ninaus, G., Peischl, B., and Wotawa, F. (2015). A goal-question-metrics model for configuration knowledge bases. In *Configuration Workshop*.
- Southekal, P. H. and Levin, G. (2011). Formulation and empirical validation of a gqm based measurement framework. In *Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM), 2011 International Symposium on*, pages 404–413. IEEE.
- Van Solingen, R. and Berghout, E. (1999). *The Goal/Question/Metric Method: a practical guide for quality improvement of software development*. McGraw-Hill.